

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Odyoloji Anabilim Dalı

**KOKLEAR SİNAPTOPATİ: VEMP SONUÇLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Sezai Sacid ANBAR

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Başak ÇAYPINAR

İstanbul – 2024

TEZ TANITIM FORMU

Yazar Adı Soyadı : Sezai Sacid ANBAR

Tezin Dili : Türkçe

Tezin Adı : Koklear Sinaptopati: VEMP Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Enstitü : İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı : Odyoloji

Tezin Türü : Yüksek Lisans

Tezin Tarihi : 16.01.2024

Sayfa Sayısı : 50

Tez Danışmanları : Dr. Öğr. Üyesi Başak ÇAYPINAR

Dizin Terimleri : Koklear sinaptopati, vemp, vestibüler, odyoloji

Türkçe Özet : Bu araştırmada amacımız koklear sinaptopati hastalarında beraberinde vestibüler fonksiyon bozukluklarının olup olmadığını VEMP testi ile gözlemlemektir. Kastamonu Eğitim ve Araştırma Hastanesi Odyoloji Kliniği'ne gürültü varlığında konuşmayı anlamakta güçlük çekme şikayeti ile başvurup koklear sinaptopati tanısı alan 10 kadın 10 erkek katılımcı olmak üzere 40 kulağa VEMP testi uygulanmıştır. VEMP cevabı durumu ve cevabın varlığı değişkenlerinde gruplar arası istatistiksel anlamlı fark elde edilmiştir. P1 ve N1 latansı, amplitüdü, eşik değeri ve asimetri oranı değişkenlerinde anlamlı fark elde edilmemiştir.

Dağıtım Listesi : 1. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
2. YÖK Ulusal Tez Merkezi

Sezai Sacid ANBAR

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Odyoloji Anabilim Dalı

**KOKLEAR SİNAPTOPATİ: VEMP SONUÇLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Sezai Sacid ANBAR

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Başak ÇAYPINAR

İstanbul – 2024

BEYAN

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığı, tezin herhangi bir kısmının üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez olarak sunulmadığını beyan ederim.

Sezai Sacid ANBAR

.../.../2024



T.C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Sezai Sacid ANBAR' ın “**Koklear Sinaptopati: Vemp Sonuçlarının Değerlendirilmesi**” adlı tez çalışması, jürimiz tarafından Odyoloji Anabilim Dalı Odyoloji Bilim Dalı YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Prof. Dr. Ümit TAŞKIN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Başak ÇAYPINAR ESER
(Danışman)

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Fatih BAL

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

.... / / 2024

Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Koklear sinaptopati genellikle gürültü maruziyeti sonucu oluşan sinaptik bir hastalıktır. Gürültünün sadece işitsel sisteme değil, aynı zamanda sakkül başta olmak üzere vestibüler sisteme de zarar verdiği kanıtlanmıştır. Sakkül fonksiyonunu ölçebilen testlerin arasında VEMP testi en sık kullanılan testlerdendir. Bu çalışmanın amacı, koklear sinaptopatili hastalarda olası vestibüler bozuklukların VEMP aracılığı ile değerlendirilmesidir.

Çalışmamıza Kastamonu Eğitim ve Araştırma Hastanesi Odyoloji Kliniği'ne gürültüde konuşmayı anlamama şikayeti ile başvuran, koklear sinaptopati tanısı alan hastalar dahil edilmiştir. Bu koklear sinaptopatili hasta grubuna VEMP testi uygulanmıştır. Test uygulanırken supin pozisyonundaki hastalardan başlarını test edilen kulağın karşı yönüne çevirip yukarı kaldırmaları istenmiştir. Bu sayede yeterli sternokleidomastoid kasılımı sağlanmıştır. Elde edilen VEMP sonuçları; P1 latans, N1 latans, tepeler arası amplitüd, asimetri oranı, VEMP eşiği, VEMP cevabı varlığı ve VEMP cevabı durumu parametreleri kontrol grubu ile istatistiksel olarak kıyaslanmıştır.

Yapılan karşılaştırmalarda gruplar arasında P1 latans, N1 latans, tepeler arası amplitüd, asimetri oranı ve VEMP eşiği parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. VEMP cevabı varlığı karşılaştırıldığında, koklear sinaptopati grubunda VEMP cevabı alma oranının önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiş ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P=0,034$). Gruplar arasında VEMP cevabı durumu kıyaslandığında ise, koklear sinaptopati grubunda VEMP cevabı durumunda anormal VEMP sonuçları oranının arttığı gözlenmiş ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P=0,004$).

Koklear sinaptopatinin, başta sakküler fonksiyon bozukluğu olmak üzere vestibüler bozukluklar için risk faktörü olabileceği ve klinikte çalışan odyologların ve kulak burun ve boğaz uzmanlarının bu bozukluklarının erken tanı ve tedavisi için bilgilendirilmeleri açısından katkıda bulunulacağı düşünülmektedir. Bu amaçla klinikte koklear sinaptopati tanısı alan hastalara VEMP ile veya diğer test bataryaları ile vestibüler bozukluklar için tarama testleri uygulanabileceği, bu sayede vestibüler bozuklukların erken tanı ve tedavisi sağlanabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Koklear sinaptopati, VEMP, gürültü

SUMMARY

Cochlear synaptopathy is a synaptic disease that usually occurs as a result of noise exposure. It has been proven that noise damages not only the auditory system, but also the vestibular system, especially the saccule. Among the tests that can measure saccule function, the VEMP test is one of the most commonly used tests. The aim of this study is to evaluate possible vestibular disorders in patients with cochlear synaptopathy via VEMP.

Patients diagnosed with cochlear synaptopathy who applied to Kastamonu Training and Research Hospital Audiology Clinic with difficulty understanding speech in noise were included in our study. VEMP testing was applied to patients with cochlear synaptopathy. During the test, patients in the supine position were asked to turn their heads to the opposite direction of the tested ear and lift them up. In this way, adequate sternocleidomastoid contraction was achieved. P1 latency, N1 latency, interpeak amplitude, asymmetry ratio, VEMP threshold, presence of VEMP response and VEMP response status parameters were compared with the control group.

In the comparisons made, no statistically significant difference was detected between the groups in the P1 latency, N1 latency, interpeak amplitude, asymmetry ratio and VEMP threshold parameters. When the presence of VEMP response was compared, it was determined that the rate of VEMP response was significantly reduced in the cochlear synaptopathy group and was found to be statistically significant ($P = 0.034$). When VEMP response status was compared between the groups, it was observed that the rate of abnormal VEMP results increased in the case of VEMP response in the cochlear synaptopathy group and was found to be statistically significant ($P = 0.004$).

It is thought that cochlear synaptopathy may be a risk factor for vestibular disorders, especially saccular dysfunction, and our study will contribute to informing audiologists, ear nose and throat specialists and other specialists working in clinics for the early diagnosis and treatment of these disorders. For this purpose, it is thought that screening tests for vestibular disorders can be applied to patients diagnosed with cochlear synaptopathy in the clinic, with VEMP or other test batteries, thus early diagnosis and treatment of vestibular disorders can be provided.

Keywords: Cochlear synaptopathy, VEMP, noise

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
SUMMARY	ii
KISALTMALAR	v
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1 İç Kulak Anatomi ve Fizyolojisi	2
1.2 Koklear Sinaptopati Mekanizması	5
1.3 ABR ve Koklear Sinaptopati	9
1.4 Elektrokokleografi	10
1.4.1 Elektrokokleografi Kaydını Etkileyen Faktörler	12
1.4.2 ECoChG Kayıt Teknikleri	12
1.5 ECoChG Koklear Sinaptopati Bulguları	13
1.6 VEMP	14
1.7 VEMP ve Koklear Sinaptopati	15

İKİNCİ BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

2.1 Katılımcılar	17
2.2 Dahil Edilme Kriterleri	17
2.3 Dışlama Kriterleri	17
2.4 Katılımcılara Genel Bakış	18
2.5 Çalışmaya Genel Bakış	18
2.6 Veri Toplamada Kullanılan Testler	18

2.6.1 Elektrokokleografi (Ecochg)	18
2.6.2 VEMP	19
2.7 İstatistiksel Analizler	20

BİRİNCİ BÖLÜM

BULGULAR

3.1 Araştırmanın Katılımcı Grubuna İlişkin Betimleyici İstatistikler.....	21
3.2 Koklear Sinaptopati ve Kontrol Gruplarının VEMP Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	22
TARTIŞMA.....	25
SONUÇ VE ÖNERİLER	27
KAYNAKÇA.....	29
EKLER	35

KISALTMALAR

ABR	: İşitsel Beyinsapı Cevabı
AC	: Hava Yolu
AEP	: İşitsel Uyarılmış Potansiyeller
AN	: İşitme Siniri
ANF	: İşitme Siniri Lifleri
AP	: Aksiyon Potansiyeli
AZ	: Aktif Bölge
BL	: Baseline
CAP	: Koklear Aksiyon Potansiyeli
CVEMP	: Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller
DPOAE	: Distorsiyon Ürünü Otoakustik Emisyon
DTH	: Dış Tüy Hücreleri
ECochG	: Elektrokokleografi
EMG	: Elektromiyografi
ET	: Ekstratimpanik
High-SR	: Yüksek Spontan Ateşlemeli
High-SR-ANF	: Yüksek Spontan Ateşlemeli Sinir Fibrilleri
HPF	: Yüksek Geçirgen Filtre
Low-SR	: Düşük Spontan Ateşlemeli
Low-SR-ANF	: Düşük Spontan Ateşlemeli Sinir Fibrilleri

LPF	: Alçak Geçirgen Filtre
OVEMP	: Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller
SGN	: Spiral Gangliyon Nöronları
SKM	: Sternokleidomastoid Kası
SNR	: Sinyal Gürültü Oranı
SP	: Sumasyon Potansiyeli
SYN	: Sinapslar
TT	: Transtimpanik
VEMP	: Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller
İTH	: İç Tüy Hücreleri

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Araştırma değişkenlerine ilişkin betimleyici istatistikler.....	21
Tablo 2. P1 Latans, N1 Latans, Tepeler arası amplitüd, eşik, asimetri oranı değişkenlerinin istatistiksel sonuçları	23
Tablo 3. VEMP Cevabı Varlığı karşılaştırmasının istatistiksel sonuçları.....	24
Tablo 4. VEMP Cevabı Durumu karşılaştırmasının istatistiksel sonuçları.....	24



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Koklea Anatomisi.....	2
Şekil 2: Corti Organı Anatomisi.....	3
Şekil 3: Koklear Tüy Hücreleri Anatomisi.....	4
Şekil 4: Tip I ve II Tüy Hücreleri Anatomisi.....	4
Şekil 5: Gürültü maruziyetinden 1 gün, 1 hafta ve 1 ay sonra (1DPN, 1WPN ve 1MPN) maksimum koklear aksiyon potansiyeli (CAP) genliği ve iç tüy hücrelerinin sinaps sayısındaki yüzde değişimleri (SYN).	7
Şekil 6: İç tüy hücresi sinapslarının şematik görüntüsü.	7
Şekil 7: İç tüy hücresi çevresindeki ribbon sinapsların mekansal varyasyonları. Modiolar taraftaki sinapsların daha büyük bir ribbona sahip olduğu ancak postsinaptik terminalin daha küçük olduğu görülmektedir. Bu taraftaki sinapslar da gürültünün neden olduğu hasara karşı daha duyarlıdır.....	8
Şekil 8: Elektrokokleografide SP, AP ve CM elde etme prosedürleri.....	11

ÖNSÖZ

Tez döneminde desteğini esirgemeyen tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Başak Çaypınar'a,

Çalışma boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Fatma Atalay'a,

Kastamonu Eğitim ve Araştırma Hastanesi Odyoloji Ünitesi'nde beni destekleyen mesai arkadaşlarım Tuğba Gülle, Tuğçe Etlüoğlu ve diğer mesai arkadaşlarıma,

Farklı şehirlerde bulunmamıza rağmen sürekli olarak uzaktan destek veren İbrahim Halil Babacan'a, Muhammed Tuncay'a Abdullah Kaya'ya, Tahir Nazlıoğlu'na, Mahsum Ataş'a,

Hayatımın her alanında, bütün eğitim sürecimde gerek maddi gerek manevi olarak her türlü desteği sağlayan çok kıymetli aileme,

Ve her daim gülen yüzüm olan eşim Saliha Anbar'a,

Bu başlık vesilesiyle teşekkürlerimi sunuyorum.

GİRİŞ

Koklear sinaptopati, başta iç tüy hücreleri ile afferent işitsel sinir lifleri arasında bulunan sinapslar olmak üzere koklear sinapsların etkilendiği patolojiyi ifade eden terimdir (S. L. Chang, 2020). Hayvan modelleri üzerinde yapılan araştırmalar, gürültüye maruz kalmanın işitme eşiklerini etkilemeden koklear sinaptik hasara neden olabileceğini göstermiştir (Jensen, Lysaght, Liberman, Qvortrup ve Stankovic, 2015).

Gürültü, işitsel sistemi negatif yönde etkileyebilecek potansiyele sahip rahatsızlık verici sestir (Bal ve Derinsu, 2021). Gürültüye maruz kalan kobay hayvanlarında düşük spontan ateşleme oranına sahip koklear sinir fibrillerinde (low-SR ANF) orantısız bir kayıp olduğu öne sürülmüştür. Gürültüye bağlı sinaptik kaybın gözleendiği koklear bölgede low-SR ANF’de önemli bir azalma bulunmuştur. Low-SR ANF’ler arkaplan gürültüsü varlığında sinyal işleme ile ilişkilidir, bozulması durumunda işitme eşikleri normal sınırlar içinde kalırken temporal işleme ve gürültülü ortamda işitmede güçlük oluşmasına yol açmaktadır. Bu durum “gizli işitme kaybı” veya “koklear sinaptopati” olarak tanımlanmaktadır. Arka plan gürültüsü varlığında işitme zorluğu, koklear sinaptopati hastalarının ortak şikayetidir (Bal & Derinsu, 2021; Furman vd., 2013).

Aynı zamanda gürültünün vestibüler sistemi etkilediği bilinmektedir. Gürültünün vestibüler sistem hasarına yol açtığını gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır. VEMP ile yapılan çalışmalarda gürültüye maruziyetin anlamlı derecede vestibüler fonksiyon bozukluklarına yol açtığı kanıtlanmıştır (Kumar, Vivarthini ve Bhat, 2010).

Literatürde koklear sinaptopati üzerine yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak koklear sinaptopatinin vestibüler sistem üzerine etkisinin varlığı veya vestibüler bozukluklar için bir faktör olabileceği üzerine yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Biz de çalışmamızda koklear sinaptopatili hastaların sakküler ve dolayısıyla vestibüler fonksiyonlarını VEMP testi ile objektif olarak değerlendirmeyi hedefledik.

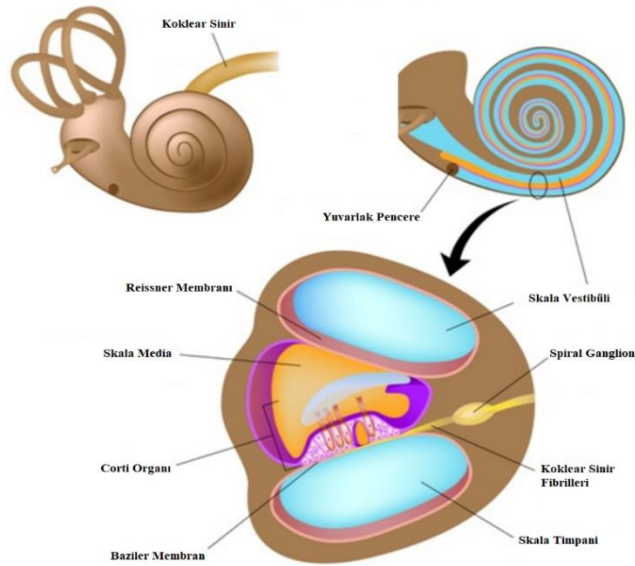
BİRİNCİ BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1 İç Kulak Anatomisi ve Fizyolojisi

İç kulak, koklea dahil olmak üzere ayrıntılı kanallardan oluşan bir labirenttir (Driver ve Kelley, 2020). Kanalların içi sıvıyla doludur. Başın her iki tarafında temporal kemik içerisinde bulunur (Ashmore, 2008). Koklea, 35mm uzunluğunda sarmal bir kemik tüptür. İçerisinde skala timpani, skala vestibüli ve skala media'yı barındırır. Skala timpani ve skala vestibüli içerisinde sodyum oranı yüksek perilenf bulunurken skala mediada potasyum oranı yüksek endolenf bulunur (Gates ve Mills, 2005). Skala timpani ve skala vestibüli, kokleanın sarmal yapısının en sonunda birleşirler. Skala media bu iki kanal arasında bulunur ve ucu kör bir kanaldır. Reissner membranı skala media ve skala vestibüli arasındadır ve bariyer görevi görür. Skala timpani ve skala media arasında ise baziler membran yer alır. Skala media'da corti organı bulunur (Driver ve Kelley, 2020). Kulağa gelen ses dış kulağı ve orta kulağı geçtikten sonra skala vestibüliye gider ve sıvı içerisinde ses dalgası ilerler. Bu ses dalgaları, sarmal yapıda ilerlerken skala timpaniye ulaşmadan önce skala media üzerinde frekansa spesifik bölgeleri indükler (Ashmore, 2008; Driver ve Kelley, 2020).

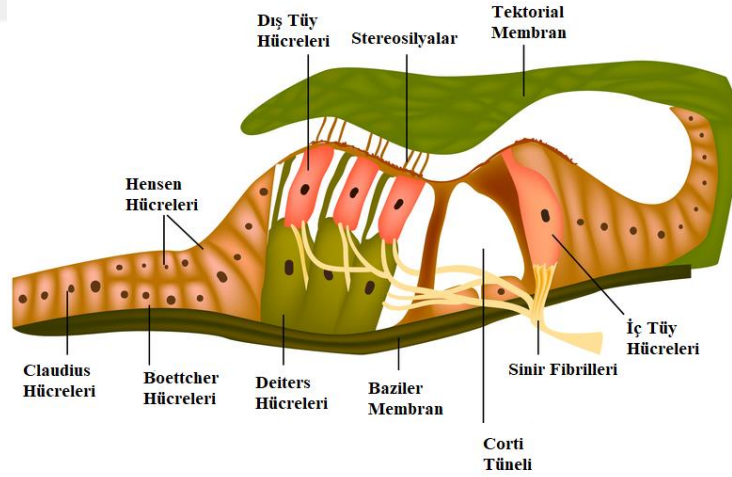
Koklea Anatomisi



Şekil 1: Koklea Anatomisi

Corti organı, skala media içerisinde bulunan ses işlemcisi olarak tanımlanır. Üç sıra dış tüy hücreleri ve tek sıra iç tüy hücreleri olmak üzere sensör hücreleri yapısında bulundurur (Gates ve Mills, 2005). İç tüy hücrelerinin toplam sayısı yaklaşık 3500'dür ve işitme siniri dendritleri tarafından innerve edilir. Koklear primer sensör hücreleri olarak kabul edilirler. Dış tüy hücrelerinin sayısı ise yaklaşık 11000'dir. Afferent innervasyonu iç tüy hücrelerine nazaran çok azdır. Dendritlerin yaklaşık %5'i dış tüy hücreleri ile ilişkilidir. Bu tipteki fibriller, tip 2 fibriller olarak adlandırılır ve iç tüy hücreleri ile ilişkili tip 1 fibrillerden ayrıdır. Afferent innervasyonlarının aksine, özellikle kokleanın bazal (yüksek frekanslı) bölgesindeki dış tüy hücreleri, efferent nöral yolun hedefi iken iç tüy hücreleri daha çok afferent nöral yolların hedefidir (Ashmore, 2008). İç ve dış tüy hücrelerinin üzerinde tektorial membran yer alır. İç ve dış tüy hücrelerinin yanı sıra, kokleanın bazal bölgesinden apexe kadar uzanan sensör olmayan destek hücreleri vardır (Driver ve Kelley, 2020). Hensen ve Deiters hücreleri bunlara örnek gösterilebilir.

Corti Organı

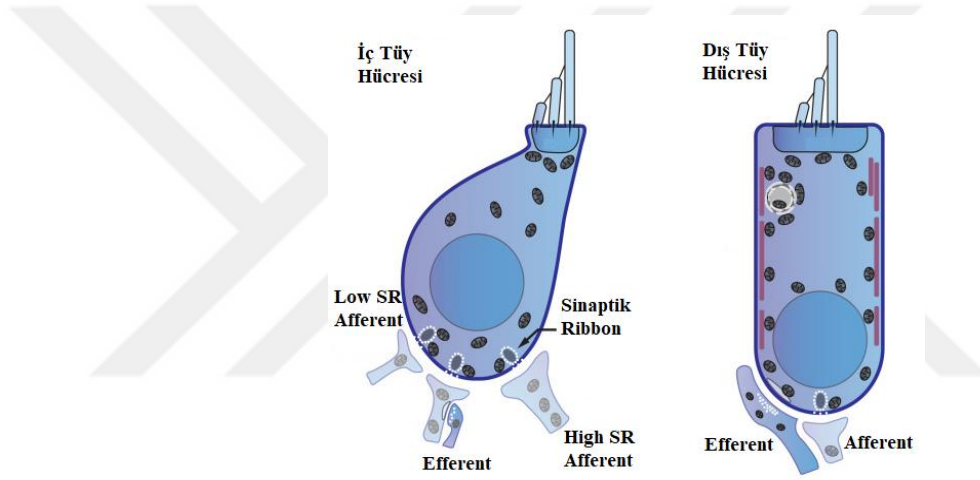


Şekil 2: Corti Organı Anatomisi

Her iç tüy hücrelerinde 20 ile 50 arasında stereosilya bulunur. İç tüy hücrelerinde (İTH) bulunan stereosilyalar genelde biri kısa ve biri uzun olmak üzere iki sıra halindedir. Stereosilyalar membrana bağlı hücre projeksiyonlarıdır. Her stereosilya tabanında elektronu yoğun kök bölümü bulunur. Üst uç kısımları ise diğer komşu

stereosilyalar ile bağlantılıdır. Stereosilya uzunlukları türler arasında önemli ölçüde değişkenlik gösterir. Yüksek frekans işitme için özelleşmiş kulaklarda stereosilya uzunluğu daha kısadır. Kokleanın apikal bölgesinde stereosilya uzunluğu fazla iken bazal bölgeye yaklaştıkça uzunlukları kısalmır (Raphael ve Altschuler, 2003).

Stereosilyaların daha uzun sıra yönündeki hareketi transdüksiyon iyon kanallarını açarak potasyum ve kalsiyum iyonlarının girişine izin verir ve bir transdüksiyon akımı oluşturur. İletim akımı daha sonra İTH yan duvarı ve tabanı boyunca voltaja duyarlı kalsiyum kanallarını ve ayrıca kalsiyum ile aktive olan potasyum kanallarını aktive eder. Netice olarak tüy hücresi tabanından nörotransmitter salınır. Stereosilyaların zıt yöndeki hareketi ise, stereosilya ile ilgili kanalları kapatır ve nörotransmitter salınımını durdurur.

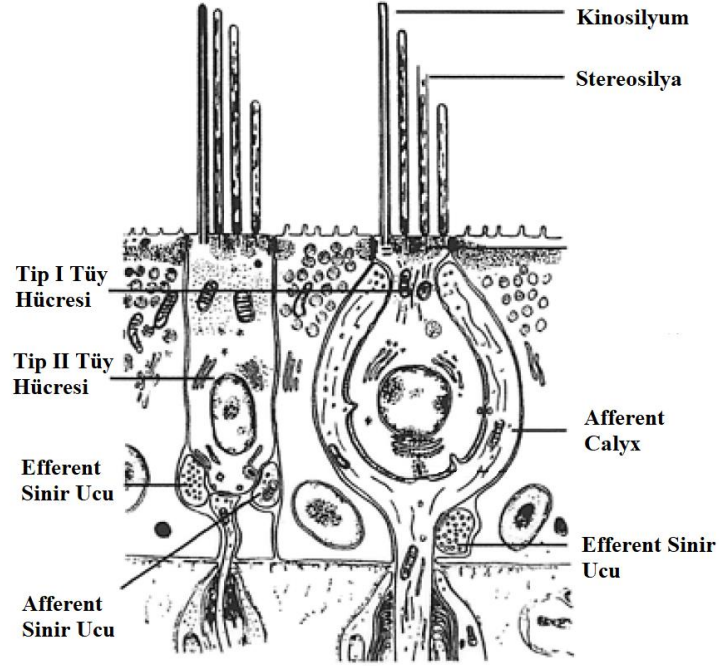


Şekil 3: Koklear Tüy Hücreleri Anatomisi

Kaynak: Lysakowski vd., 2022

Vestibüler tüy hücreleri ise tip I ve II olarak ikiye ayrılırlar. Tip I tüy hücreleri kadeh şeklinde olduğu için kadeh hücreleri olarak da adlandırılırlar. Tip II tüy hücreleri ise silindirik şekillidir. Tip II tüy hücresi, çeşitli afferent sinir liflerinin tomurcuk uçları tarafından innerve edilir. Bunun aksine, tip I tüy hücresi, tek bir aksondan türetilen bir kaliks ucu tarafından innerve edilir. Afferent sinir lifi tip I tüy hücresinin tabanını sarar. Her iki tür tüy hücresinin bazal bölgelerinde çok sayıda şerit sinaps bulunur. Tip II tüy hücreleri, vestibüler, işitsel ve yanal hat reseptörleri de dahil olmak üzere tüm tüylü hücre organlarında bir formda bulunmaktadır. Tip I tüy hücresi

vestibüler sisteme özel olarak bulunur ve yalnızca amniyotların, yani sürüngenlerin, kuşların ve memelilerin vestibüler organlarında bulunur (Goldberg vd., 2012).



Şekil 4: Tip I ve II Tüy Hücreleri Anatomisi

Kaynak: (Stephen M. Highstein vd., 2004)

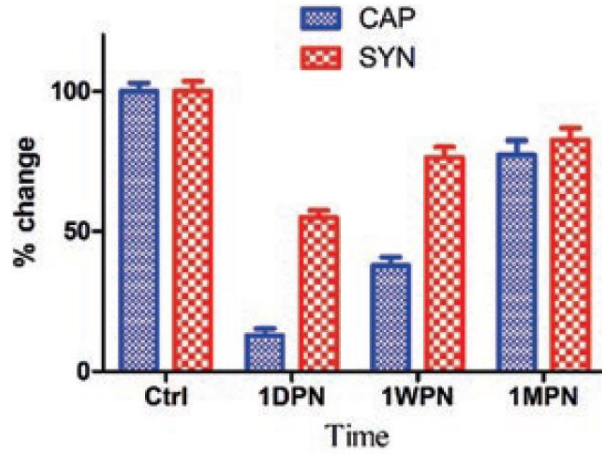
1.2 Koklear Sinaptopati Mekanizması

Koklea, içinde corti organını bulunduran işitsel sistemin iç kulak organıdır. Corti organındaki tüy hücreleri, iç tüy hücreleri ve dış tüy hücreleri olarak ikiye ayrılır. İç tüy hücreleri ana afferent reseptörlerdir ve işitsel sinir lifleriyle doğrudan sinaptik temas halindedir. İşitsel nöronların hücre gövdeleri kokleadaki spiral ganglionu oluşturduğundan, spiral ganglion hücreleri olarak da adlandırılır. Bu nöronlar çoğunlukla bipolardır ve iç tüylü hücrelerle sinaptik bir bağlantı oluşturan periferik bir aksona sahiptir. Her afferent sinir bir tüy hücresi ile sinaptik temas halindedir, ancak bir iç tüy hücresi 20'ye kadar afferent sinir ucu tarafından innerve edilebilir (Shiang Ling Chang, 2020).

Gürültü, işitsel sistemi negatif yönde etkileyebilecek potansiyele sahip rahatsızlık verici sestir (Bal ve Derinsu, 2021). Gürültüye maruz kalan gine domuzlarında yapılan bir çalışmada, yüksek spontan ateşleme oranına sahip koklear sinir fibrillerine (high-SR ANF) kıyasla düşük spontan ateşleme oranına sahip koklear sinir fibrillerinde (low-SR ANF) orantısız bir kayıp olduğu öne sürülmüştür. Gürültüye

bağlı sinaptik kaybın gözleendiği koklear bölgede low-SR ANF’de önemli bir azalma bulunmuştur. Yüksek frekanslarda gürültüye maruz kalan kulaklarda low-SR ANF’de %38 kayıp olurken, high-SR ANF’de gürültüye maruz kalmayan kulaklara kıyasla fark tespit edilmemiştir (Bal ve Derinsu, 2021; Furman, Kujawa ve Charles Liberman, 2013). Low-SR ANF seçici hasarı, sağlıklı high-SR ANF’leri nedeniyle işitme eşikleri etkilenmeden kalırken, yüksek seviyeli seslerin kodlanmasını etkileyebilir. Low-SR ANF’ler arkaplan gürültüsü varlığında sinyal işleme ile ilişkilidir, bozulması durumunda işitme eşikleri normal sınırlar içinde kalırken temporal işleme ve gürültüde işitmede güçlük oluşmasına yol açmaktadır. Bu durum “gizli işitme kaybı” veya “koklear sinaptopati” olarak tanımlanmaktadır. Arka plan gürültüsü varlığında işitme zorluğu, koklear sinaptopati hastalarının ortak şikayetidir. Matrix testi, Elektrokokleografi (ECochG) ve İşitsel beyinsapı yanıtları (ABR) gibi çeşitli test yöntemlerinin kombinasyonu kullanılarak objektif verilerle koklear sinaptopati tanısı konulabilir (Bal ve Derinsu, 2021).

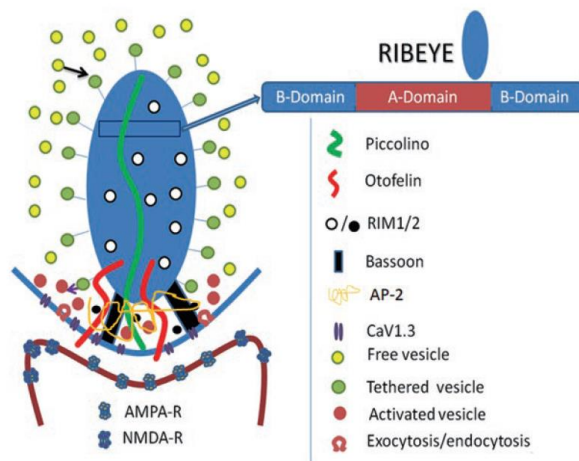
Yapılan son çalışmalarda, sonradan düzelen eşik yükselmelerine neden olan aşırı gürültü maruziyetinin işitme siniri (AN) liflerinin geri döndürülemez dejenerasyonuna yol açabileceğini göstermiştir. Maruziyetten sonraki birkaç saat içinde tüy hücresi sinapslarının kaybı gelişir. Spiral gangliyondaki AN hücre gövdelerinin kaybı ise yavaş gelişir, aylar veya yıllar sürebilir (Furman ve diğerleri, 2013). Yapılan bir çalışmada, iki saat 100 dB SPL 8-16 kHz gürültüye maruz bırakılan farelerde maruziyetten 24 saat sonra işitsel beyin sapı yanıtlarında (ABR) ve distorsiyon ürünü otoakustik emisyonlarında (DPOAE) yüksek eşikler gözlemlenmiştir. Geçici olarak yükselen ABR ve DPOAE eşikleri 16 hafta sonra düzelmiştir. Maruziyetten bir yıl sonra yapılan histolojik analiz sonucunda, gürültüye maruz kalma nedeniyle iç veya dış tüy hücre kaybı oluşmadığını ancak sinirsel hasarın ani ve kalıcı olduğu gözlemlenmiştir (Kujawa ve Liberman, 2009).



Şekil 5: Gürültü maruziyetinden 1 gün, 1 hafta ve 1 ay sonra (1DPN, 1WPN ve 1MPN) maksimum koklear aksiyon potansiyeli (CAP) genliği ve iç tüy hücrelerinin sinaps sayısındaki yüzde değişimleri (SYN).

Kaynak: J. Wang vd., 2019

İTH'ler ve spiral ganglion nöronları (SGN'ler) arasındaki sinaps, elektron bakımından yoğun, şerit benzeri bir yapının varlığı ile karakterize edilir ve bu nedenle ribbon sinaps olarak adlandırılır. Esas olarak retinada, iç kulakta ve pinealositlerde bulunur. Olgun tüy hücrelerinde bulunan sinaptik ribbonlar, aktif bölge (AZ) başına bir şerit olacak şekilde plazma zarına bağlanır. İTH'deki sinaptik şeritler, altında "T" biçimindeki Bassoon adlı bir proteinden oluşan çubuk yapı ile bir amerikan futbol topu şeklindedir. Bu çubuk yapı, ribbonu aktif bölgeye tutturur (J. Wang ve diğerleri, 2019).

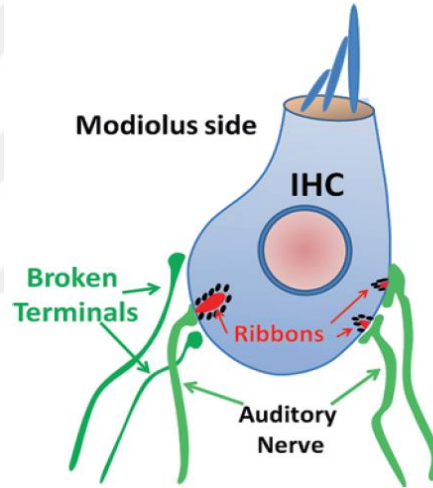


Şekil 6: İç tüy hücresi sinapslarının şematik görüntüsü

Kaynak: J. Wang vd., 2019

Bir İTH, ondan fazla SGN ile sinaps yapar ve bu sinapslar İTH'nin alt kısmında bulunmaktadır. Sinapsların gürültü hasarına duyarlılığının konumuna bağlı olduğu belirtilmiştir (J. Wang ve diğerleri, 2019). Modiolar taraftaki sinapsların daha kolay hasar gördüğü bildirilmiştir. Bir İTH'nin modiolar tarafına yakın sinapslar daha büyük ribbon'a ve daha küçük postsinaptik terminallere sahipken, DTH'lere yakın taraftaki yerleşmiş sinapslar bunun tersidir (L. D. Liberman, Wang ve Liberman, 2011).

Bu fark işlevsel olarak önemlidir, çünkü İTH'lerin modiolar tarafında bulunan sinapslar, daha düşük spontan ateşleme hızlarına (low-SR), daha yüksek eşiklere ve daha geniş dinamik aralıklara sahip işitsel sinir liflerini (ANF'ler) innerve eder. Bu ANF'lerin gürültülü arka planlarda işitme için kritik olduğu kabul edilir (M. C. Liberman, 1982).



Şekil 7: İç tüy hücresi çevresindeki ribbon sinapsların mekansal varyasyonları. Modiolar taraftaki sinapsların daha büyük bir ribbona sahip olduğu ancak postsinaptik terminalin daha küçük olduğu görülmektedir. Bu taraftaki sinapslar da gürültünün neden olduğu hasara karşı daha duyarlıdır.

Kaynak: J. Wang vd., 2019

1.3 ABR ve Koklear Sinaptopati

İşitme siniri ve beyinsapındaki sinir liflerinin aktivasyonunun kafa derisi üzerinden kaydedilmesine işitsel beyin sapı yanıtı (ABR) denir. Tipik bir ABR, yedi adede kadar pozitif dalga tepesi dizisinden oluşur. Bu sıralı dalga tepeleri insanlarda roma rakamlarıyla etiketlenir. I. dalga, işitme sinirinin petröz kemik içerisinde üretilen aksiyon potansiyelidir (AP). II. dalga işitsel sinirin petröz kemiği terk ettiği bölgedeki potansiyeldir. III. dalga, IV. dalga ve V. dalga işitsel beyinsapından köken almaktadır (Eggermont, 2019). I. dalga, sadece ipsilateral olarak oluşan ve kontralateral kayıta görülmeyen tek dalga şeklindedir. V. dalganın oluşum yeri hakkında hâlâ bazı tartışmalar olsa da popüler inanış inferior kolikulustan geldiği yönündedir. VI. ve VII. dalgalarının oluşum yeri hala belirsizdir, ancak talamik (medial genikülat cisim) bölgelerdeki daha yüksek merkezlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. V. dalgayı tanımlamak için birçok kriter kullanılır. Latansı, uyarının başlamasından yaklaşık 6 ms sonradır ve genellikle birleşik IV-V dalga formu kombinasyonu olarak üretilir (Habib ve Habib, 2021).

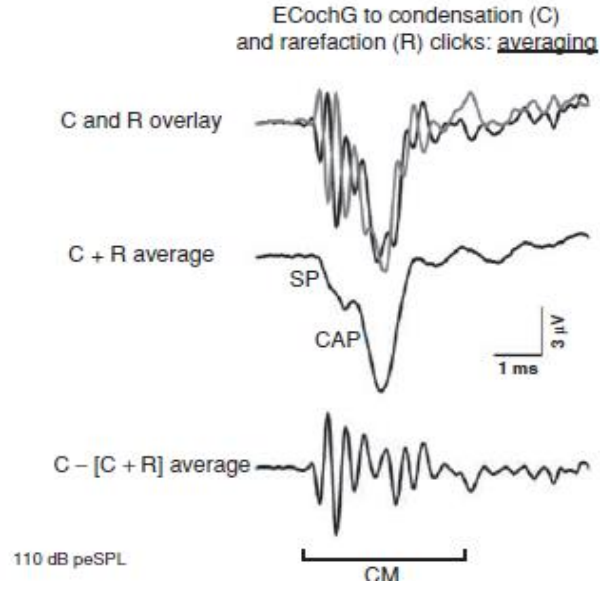
Farelerde iç tüy hücreleri ve bunların afferent işitsel sinir lifi hedefleri arasındaki sinapsların kaybı, koklear sinaptopatinin keşfi insanlarda bu durumu tespit edebilen invaziv olmayan fizyolojik ölçümler için motivasyon kaynağı olmuştur. Koklear sinaptopati bu alanda özellikle ilgi çekicidir çünkü normal bir odyograma eşlik eden kulak çınlaması, hiperakuzi ve gürültüde konuşmayı algılamada zorluk gibi işitsel şikayetler için olası bir açıklama olarak öne sürülmüştür. ABR I. dalga amplitüdünün hayvan modellerinde koklear sinaps sayılarıyla ilişkili olduğunun bulunması bu teste, özellikle de büyük değişkenlik derecesi nedeniyle daha önce göz ardı edilen ABR I. dalga amplitüdüne olan ilginin yeniden artmasına yol açmıştır (Bramhall, 2021).

Bramhall ve meslektaşları, eşik üstü seviyelerdeki ABR I. dalga amplitüdülerinin, gürültüye daha fazla maruz kalan katılımcılarda daha düşük olduğunu bulmuşlardır (Bramhall, Konrad-Martin, McMillan ve Griest, 2017). Yapılan bir çalışmada ise fareler gürültüye maruz bırakılmıştır. Yetişkin fareler maruziyetten sonraki 20 ay boyunca değerlendirmeye alınmıştır. Koklear fonksiyon, distorsiyon ürünü otoakustik emisyonlar ve ABR aracılığıyla değerlendirilmiştir. Gürültü, 24 saatte 35-50 dB eşik kaymasına neden olmuştur. İkinci haftaya gelindiğinde işitme kaybının düzeldiği belirtilmiştir. Ancak ABR amplitüdülerinin önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir (Fernandez, Jeffers, Lall, Liberman ve Kujawa, 2015).

İki farklı gürültü seviyesine maruz bırakılan farelerde işitme iyileşmesini değerlendirmek için ABR ve distorsiyon ürünü otoakustik emisyon ölçümleri başka bir çalışmada kullanılmıştır. Gürültüye aşırı maruz kalmanın ardından distorsiyon ürünü otoakustik emisyon eşiklerinde kayıp olmaksızın I. dalga amplitüdlerinde önemli bir azalma gözlenmiştir (Paquette, Gilels ve White, 2016). Yine distorsiyon ürünü otoakustik emisyon ve ABR kullanılarak yapılan bir çalışmada, yaşlı farelerde distorsiyon ürünü otoakustik emisyon eşiklerinde değişim olmazken I. dalga amplitüdlerinde düşme tespit edilmiştir (Sergeyenko, Lall, Charles Liberman ve Kujawa, 2013). Lobarinas ve arkadaşları 109 dB SPL gürültüye maruz bırakılan hayvanlarda, gürültüden 24 saat sonra 30 dB'den yüksek işitme eşikleri ve ABR eşiklerinin tamamen iyileştiğini belirtmişlerdir. Ancak gürültüden 2 hafta sonrasında kalıcı olarak ABR I. dalga amplitüdünde azalma olduğunu bulmuşlardır. Bu azalmanın sebebinin gürültünün tüy hücre kaybına sebep olmaksızın sinaptik hasara yol açtığı sonucuna ulaşmışlardır (Lobarinas, Spankovich ve Le Prell, 2017).

1.4 Elektrokokleografi

Elektrokokleografi (ECochG), kokleadan ve koklear sinirden gelen elektrik potansiyellerini kaydetme yöntemidir. ECochG, üç ana bileşenden oluşur: koklear mikrofoni, sumasyon potansiyeli (SP) ve aksiyon potansiyeli (AP) (Bal ve Derinsu, 2021; Shiang Ling Chang, 2020). Koklear mikrofoni, baziler membran uyarılarla hareketlenirken duyu tüy hücrelerinin elektriksel depolarizasyonunu ve repolarizasyonunu yansıtır. SP, kokleadaki ses iletiminin non-lineer durumunu yansıtan bir doğru akım potansiyelidir. İç tüylü hücrelerin depolarizasyonu, hiperpolarizasyondan daha yüksek voltaja sahiptir ve bu asimetri, SP'nin doğru akımıyla sonuçlanır (Shiang Ling Chang, 2020). AP, ilk olarak Jewett ve Williston (1971) tarafından tanımlanan, işitsel beyin sapı yanıtının (ABR) I dalgasıdır (Pienkowski, Adunka ve Lichtenhan, 2018). AP, binlerce işitsel sinir lifinin eşzamanlı ateşlenmesinin toplanmış bir yanıtıdır ve büyük bir negatif dalgadır (Shiang Ling Chang, 2020). Bu yanıtı ortaya çıkarmak için klik uyarı kullanılır. Klik uyarının hızlı başlangıcı, VIII. sinir liflerinin eşzamanlı olarak ateşlenmesi için yeterli bir uyarı sağlar. Sinir liflerinin bu senkron deşarjı AP ile sonuçlanır (Brad A. Stach, 2010).



Şekil 8: Elektrokokleografide SP, AP ve CM elde etme prosedürleri.

Kaynak: Katz vd., 2014

Şekil 7, yüksek şiddetli klik uyarılarına (110 dB SPL) yanıt olarak normal işiten bir insandan kaydedilen ECoChG dalga formlarını göstermektedir. Condensation ve rarefaction klik polaritede alınan yanıtlar üst üste getirildiğinde, negatif SP ve AP ile karıştırılmış ve fazı ters çevrilmiş CM'leri gösterir. CM aktivitesi, baziler membran hareketi ile ilişkili olduğundan, AP'yi SP ile birlikte kaydedebilmek için condensation ve rarefaction uyarılarından ayrı ayrı oluşturulan yanıtların ortalamasının alınması prosedürü uygulanır. CM'yi iptal etmek, SP ve AP bileşenlerini ortaya çıkarmak için condensation ve rarefaction dalga formlarının ortalamasının alınması Şekil 8'de gösterilmiştir. CM'yi elde etmek için ortalama trase, condensation veya rarefaction klik tarafından oluşturulan yanıttan çıkarılır.

CM'nin esas olarak iç tüylü hücrelerde (İTH) ve dış tüylü hücrelerde (DTH) ortaya çıkan reseptör potansiyellerinin hücre dışı bileşenlerinin toplamından kaynaklandığına inanılmaktadır, DTH sayı olarak daha fazla olmasından dolayı CM oluşumuna daha fazla katkıda bulunur. SP'nin ise tüylü hücrelerin dönüştürücü (transducer) işlevindeki asimetrisinden kaynaklanan reseptör potansiyellerinin doğru akım bileşeninin kaba bir yansıması olduğu düşünülmektedir. Şişillalarda yuvarlak pencereden kaydedilen SP'nin, İTH'lerin seçici olarak yok edilmesinden sonra amplitüdünde %50'nin üzerinde bir azalma olduğu keşfedilmiştir. Bu sebeple SP

oluşumuna ana katkının, İTH'lerin aktivasyonundan kaynaklandığına inanılmaktadır. CAP, akustik stimülasyona yanıt olarak işitsel sinir lifleri tarafından üretilen aksiyon potansiyellerinin hücre dışı bileşenlerinin toplamından kaynaklanır (Katz ve diğerleri, 2014).

1.4.1 Elektrokokleografi Kaydını Etkileyen Faktörler

Kas hareketleri ECochG kayıtlarını minimum düzeyde etkilese de kişinin konforlu ve rahat olması ölçümü kolaylaştırır. Hareketsiz ve rahat bir şekilde yatan bir özne, gergin bir özneye kıyasla daha az ortalama ve daha düşük bir rejeksiyon seviyesi gerektirir. Spesifik durumların (örn. otizm ve gelişim geriliği) ECochG dalga biçimleri üzerinde hiçbir etkisi yoktur. İnsan kokleası doğumda tam olarak geliştiği için, küçük yaşların ECochG dalga formları üzerinde çok az etkiye sahip olduğu görülmektedir. Öte yandan yaşlanma ile artan yüksek frekans eşiği (presbiakuzi) nedeniyle dalga biçimlerini etkileyerek, genç deneklere kıyasla latansın artmasına ve AP amplitüdünün azalmasına neden olur. Aynı şekilde CM amplitüdü de yaşla birlikte azalmaktadır. Sağ ve sol kulak arasında ise önemli bir fark tespit edilmemiştir. Araştırmacılar arasındaki görüşler, cinsiyetin ECochG dalga formlarını etkileyip etkilemediği konusunda farklılık göstermektedir. Bazı araştırmacıların küçük farklılıklar bulmasına karşın bazıları bulamamıştır. Ancak bu olası küçük farklılıklar ihmal edilebilir düzeydedir (Coraci, 2019).

1.4.2 ECochG Kayıt Teknikleri

Aktif ECochG elektrotları intrakoklear, trans timpanik (TT) veya ekstra timpanik (ET) olarak yerleştirilebilir. İntrakoklear elektrot, koklear implant ameliyatı sırasında koklea içine yerleştirilerek kullanılır. TT yöntemde elektrot kulak zarı içinden geçen bir iğnedir. ET yöntemde ise elektrot kulak kanalına timpanik membranın yakınına yerleştirilmektedir. Hem IT hem de TT hasta için invazivdir. Hastanın anestezi alması ve kulak zarının delinmesi gerektiğinden bir hekime ihtiyaç duyar. ET yöntemde insizyon yapmadan kulak kanalındaki timpanik membranın yakınına esnek bir elektrot yerleştirmek mümkündür (Ferraro, 2010; Pienkowski ve diğerleri, 2018). ET ECochG'deki amplitüdü, kokleaya daha az yakınlığın sonucu olarak TT ECochG'den dört kat daha küçük olduğu belirtilmiştir. Ancak daha az

invaziv olması nedeniyle ET hala daha fazla tercih edilmektedir. Bununla birlikte ET ECochG'nin amplitüd dışındaki dezavantajlarının, daha fazla sweep (trase ortalamasını oluşturan dalgalar) alınması gerekmesi ve daha düşük sinyal-gürültü oranı (SNR) olduğu bildirilmiştir.

Günümüzde ET ECochG kayıtları genelde tiptrode veya TM elektrotları kullanılarak yapılmaktadır. Tiptrode, altın folyoya sarılmış köpük tıkaçlardır. Insert kulaklık ucu olmasının yanı sıra bir kayıt işlevi de görmektedir. TM elektrotları ise doğrudan timpanik membranın yakınına yerleştirilmektedir. TM elektrotlu ECochG'nin (TM ECochG olarak da adlandırılır), kokleaya daha yakın olması nedeniyle daha büyük amplitüd ve daha iyi tekrarlanabilirlik sağladığı belirtilmiştir. TM elektrotun hafif bir rahatsızlık vermesi kullanımında engel olarak kabul edilebilir (Coraci, 2019).

1.5 ECochG Koklear Sinaptopati Bulguları

24 saat sonra geçici işitme kaybı ile sonuçlanan gürültüye maruz kalmalara, farelerde ve kobaylarda İTH'ler ile afferent nöronlar arasındaki sinaptik bağlantıların kaybının eşlik ettiği bildirilmiştir (Kujawa ve Liberman, 2009). Bu gürültüye maruz kalma, geleneksel odyometrik eşik değerlendirmesiyle tespit edilemeyecek bir hasara yol açtığı için, bu sinaptopatik hasar, orjinal olarak Schaette ve McAlpine (2011) tarafından ortaya atılan bir terim olan "gizli işitme kaybı" olarak anılır. Sinaptopatik hasar, daha yüksek yanıt eşiklerine ve düşük spontan ateşleme oranına sahip nöronlarda tespit edilmiştir (Pienkowski ve diğerleri, 2018).

Gold-foil tiptrode elektrotlar kullanılarak yapılan bir çalışmada koklear sinaptopatinin yüksek risk olduğu grupta düşük risk olduğu gruba kıyasla SP ve AP latanslarında anlamlı uzama tespit edilmiştir. AP amplitüdünde düşüş gözlenirken, diğer ECochG parametrelerinde yüksek risk grubunda, düşük risk grubuna göre anlamlı fark elde edilmediği bildirilmiştir (Bal ve Derinsu, 2021).

Bir başka çalışmada ise gürültüye maruz kalma durumu, süresi ve gürültü altında işitmeyi koruma amaçlı cihazlar kullanıp kullanmamasına bağlı olarak hasta yüksek risk ve düşük risk gruplarına ayrılmıştır. Bu çalışmada yine gold-foil tiptrode elektrotların kullanıldığı bildirilmiştir. Yüksek riskli grupta SP/AP amplitüd oranı düşük riskli gruba oranla neredeyse iki katı büyüklükte elde edilmiştir. SP/AP oran

hesaplaması cinsiyetleri ayırarak yapıldığında ise yine düşük riskli gruba göre önemli oranda anlamlılık bildirmişlerdir. AP amplitüdü azalırken SP amplitüdünün arttığı yine aynı çalışmada tespit edilmiştir. Çalışma, ölçüm sürecinde herhangi bir zorluk bildirmemiştir, bu da tiptrode elektrotların kullanımının, ECochG'yi ölçmenin uygun bir yolu olabileceğini göstermiştir (M. Charles Liberman, Epstein, Cleveland, Wang ve Maison, 2016).

Stuermer ve arkadaşları, işitsel sinaptopati ve nöropati hastası katılımcılar ile sensörinöral işitme kayıplı katılımcılara ECochG uygulamıştır. İşitsel sinaptopati ve nöropati grubunda koklear aksiyon potansiyeli ile sumasyon potansiyeli amplitüd oranının (CAP/SP), sensörinöral işitme kayıplı hastalara kıyasla önemli düşüş gösterdiğini bulmuşlardır. Bunun sonucunda ECochG testinin koklear sinaptopati ve nöropati hastalarının tanısında kullanılması gerektiğini altını çizerek belirtmişlerdir (Stuermer ve diğerleri, 2015).

Tayvan'da yapılan bir çalışmada tinnitus şikayeti olup, normal işitmeye sahip 45 hastaya farklı frekanslarda elektrokokleografi uygulandığı bildirilmiştir. Gruplarda test edilen kulakların SP amplitüdlерinin, AP amplitüdlерinin ve SP/AP oranlarının her frekansta ve stimülasyonda ortalamaları ve standart sapmaları sunulmuştur. Cinsiyetler arasında ECochG sonuçlarının değişiklik göstermediği bulunmuştur. Kontrol grubu ile çalışma grubu karşılaştırıldığında AP amplitüdlерinde önemli düşüş tespit edilmiştir (-C ; Chang ve diğerleri, 2022).

1.6 VEMP

1994 yılında Colebatch ve arkadaşları tarafından sternokleidomastoid kaslar (SKM) üzerine yerleştirilmiş elektrotlar kullanarak sesle uyarılan miyojenik yanıtların kaydedilmesi için bir teknik sunulmuştur. Araştırmacılar, bu tekniğin, yüksek sesli uyarılar karşısında oldukça tekrarlanabilir bir kas tepkisi oluşturduğunu göstermiştir. Elektromiyografinin (EMG) pozitif-negatif bir sapması olan bu yanıtın latansı kısadır ve esas olarak ipsilateral SKM'den kayıt alınabilmektedir. Elde edilen potansiyelin amplitüdü, kas aktivitesinin seviyesiyle ve uyarın şiddeti ile ilişkilendirilmiştir. Potansiyelin vestibüler kökenli olduğu ileri sürülmüştür, çünkü çok ileri derecede işitme kayıplı kişilerde de alınabilmektedir. Ancak vestibüler nörektomi geçiren hastalarda alınamamıştır. Araştırmacılar bu sesle indüklenen yanıtı Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP) olarak adlandırmışlardır. O zamandan

beri VEMP, hem klinik hem de deneysel bağlamda kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır (Colebatch, Halmagyi ve Skuse, 1994).

Perioküler kaslardan kaydedilen VEMP'in de klinik olarak ilgi çekici olduğu kanıtlanmıştır. Perioküler potansiyellere şu anda oküler VEMP (oVEMP) ve SKM potansiyellerine servikal VEMP (cVEMP) adı verilmektedir ve otolit organ fonksiyonlarını değerlendirme amacı ile klinikte kullanılmaktadır. cVEMP, yaklaşık 13 ve 23 ms'de tepe noktaları olan, SKM kası üzerine yerleştirilmiş elektrotlardan kaydedilen iki fazlı bir yüzey potansiyelidir. Kas içi kayıtlar daha sonra yüzey potansiyelinin SKM kasının kısa bir inhibisyonuyla üretildiğini doğrulamıştır. Hava yolu ile iletilen (AC) ses sakkülü aktive ettiğinden, bu uyarın tarafından uyarılan cVEMP'lerin sakküler fonksiyonun bir testi olarak kullanılabilceği belirtilmiştir (Rosengren, Colebatch, Young, Govender ve Welgampola, 2019).

1.7 VEMP ve Koklear Sinaptopati

Gürültünün vestibüler sistem kadar işitmeyi de etkilediği bilinmektedir. Vestibüler hasarın bir nedeni olarak gürültüyü gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bazı araştırmalar, gürültünün anormal vestibüler fonksiyonlarla birlikte asimetrik veya simetrik işitme kaybına neden olduğunu bildirmiştir.

Yapılan bir çalışmada 30-40 yaş arası gürültüye bağlı sensörinöral işitme kayıplı kişiler ele alınmıştır. 55 deney grubu kulak üzerinde c-VEMP uygulanmıştır. Deney grubunda kontrol grubuna oranla anlamlı derecede P1 ve N2 latanslarının uzadığı ve amplitüdlerin düştüğü tespit edilmiştir. Bunun gürültü sonucunda sakkülde oluşan hasardan kaynaklı olduğu bildirilmiştir (Kumar ve diğerleri, 2010).

Gine domuzlarında yapılan bir deneyde, denekler uzun süreli ve kısa süreli gürültüye maruz bırakılmışlardır. Kısa süreli gürültüye maruz kalan deneklerde VEMP cevapları bir süre sonra normale dönerken, uzun süreli gürültüye maruz kalan deneklerin %78'inde normal VEMP cevapları alınabildiği belirtilmiştir. Daha sonra yapılan morfolojik incelemelerde kısa süreli gürültü maruziyetinde herhangi bir sakküler hasar oluşmadığı tespit edilmiştir. Uzun süreli gürültü maruziyetinde yapılan morfolojik incelemelerde ise sakküler tüy hücrelerinin hücre gövdelerinde bozulma ve atrofi belirtileri tespit edilmiştir (Hsu, Wang, Lue, Day ve Young, 2008).

Gürültüye bağılı işitme kayıplı 22-64 yaş arasında 30 hasta (60 kulak) ile yapılan bir çalışmada hasta grubuna c-VEMP testi uygulanmıştır. c-VEMP test sonuçlarında 60 hasta kulağın %50'sinde VEMP cevabının anormal olarak elde edildiği, 22 kulakta ise hiç alınmadığı bildirilmiştir. Kontrol grubuna kıyasla VEMP cevaplarının istatistiksel olarak anlamlı şekilde bozulduğu belirtilmiştir (Tseng ve Young, 2013).

Akut akustik travma tanısı almış 20 kişi (29 kulak) üzerinde yapılan araştırmada VEMP testi uygulandığı belirtilmiştir. Yapılan VEMP test sonuçlarında %38 oranında anormal VEMP cevapları elde edilmiştir. Anormal VEMP cevabı alınan hastalarda akustik travma sonrası iyileşme oranının normal VEMP cevabı alınanlara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede düştüğü tespit edilmiştir (Y. P. Wang, Hsu ve Young, 2006).

Bir çalışma 51 kişilik yaşlı hasta grubunda VEMP cevaplarını değerlendirmiştir. Yapılan değerlendirmede işitme kaybının sakküler fonksiyon bozukluğu ile doğru orantılı olarak arttığını cVEMP ile kanıtlamışlardır. Ancak oVEMP ile arasında herhangi bir anlamlı bağlantı bulunamamıştır. Ayrıca yaş, tütün kullanımı ve gürültüye maruziyetin cVEMP ile doğrudan ilişkili olduğu keşfedilmiştir. Cinsiyetin ise cVEMP amplitüdünde anlamlı bir değişiklik oluşturmadığı bildirilmiştir. Gürültü maruziyeti işitme sağlığı açısından önemli etkilere sahip iken vestibüler sistem üzerinde de önemli etkilere sahip olarak yorumlanmıştır (Zuniga ve diğerleri, 2012).

İKİNCİ BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

Tüm prosedürler İstanbul Gelişim Üniversitesi Etik Kurulu ve Kastamonu Eğitim ve Araştırma Hastanesi tarafından onaylanmıştır. Çalışmaya dahil olan tüm katılımcılar bilgilendirilmiş onam formu imzalamıştır.

2.1 Katılımcılar

Çalışmaya Kastamonu Eğitim ve Araştırma Hastanesi Odyoloji Kliniği'ne normal işitmeye sahip olmasına rağmen arkaplan gürültüsü varlığında konuşmayı anlayamama şikayeti ile başvuran hastalar içinden ECochG testi sonucu koklear sinaptopati tanısı alan katılımcılar çalışmaya dahil edilmiştir. Kontrol grubu katılımcıları ise daha önce hiç işitsel ve vestibüler hastalık geçirmemiş, kokleo-vestibüler şikayeti çalışma öncesinde ve çalışma süresince hiç bulunmayan gönüllüler oluşturmuştur. Çalışma 10 erkek 10 kadın olmak üzere 20 kişilik hasta grubu, yine 10 kadın 10 erkek olmak üzere 20 kişilik kontrol grubundan oluşmaktadır.

2.2 Dahil Edilme Kriterleri

Bütün katılımcılar bu kriterleri sağlaması şartıyla dahil edilmiştir: (i) 18-65 yaş arasında olunması; (ii) saf ses odyometri sonuçları 250,500,1000,2000,4000 ve 8000 Hz frekanslarında 20 dBHL veya daha iyi eşiklere sahip olunması; (iii) normal otoskopi ve timpanogram sonuçları; (iv) ECochG sonucu koklear sinaptopati tanısı almış olması.

Kontrol grubu katılımcılarına mahsus olarak bu kriterlerin de sağlanması şart koşulmuştur: (i) şimdiye kadar ve çalışma süresince herhangi işitsel ve/veya vestibüler hastalık geçirilmemiş ve yakınması olmamış olması; (ii) kafa travması geçirilmemiş olması; (iii) gürültü maruziyeti öyküsünün olmaması.

2.3 Dışlama Kriterleri

Otoskopik muayene sonucu anormal olması durumunda, odyometri ve timpanometri sonuçlarının anormal olması durumunda çalışmaya dahil edilmemiştir.

2.4 Katılımcılara Genel Bakış

Çalışma grubu 10 kadın ve 10 erkek olmak üzere 20 kişiden oluşmaktadır. Toplamda 40 kulaktan alınan veriler çalışma grubunu oluşturmaktadır. Kontrol grubu ise yine 10 kadın ve 10 erkek olmak üzere 20 kişiden oluşmaktadır. Toplamda 40 kulaktan alınan veriler kontrol grubunu oluşturmaktadır.

2.5 Çalışmaya Genel Bakış

Katılımcılardan herhangi bir teste tabi tutulmadan önce bilgilendirilmiş onam formunu okumaları ve imzalamaları istenmiştir. Her katılımcıya gizliliği sağlayabilmek amacıyla kodlar verilmiştir. Katılımcılardan ayrıntılı anamnez alınmıştır. Çalışmaya uygunluğu belirlemek için tarama testleri uygulanmıştır. Tarama testleri otoskopi, odyometri ve timpanometri'den oluşmaktadır. Otoskopik muayene sonucunun normal olması durumunda hasta odyometri ve timpanometri testlerine alınmıştır. Odyometri testi Interacoustics AD629 (Danimarka) marka ve model odyometre ve Telephonics TDH-39 (Amerika Birleşik Devletleri) marka ve model kulaklık kullanılarak yapılmıştır. 250, 500, 1000, 2000, 4000 ve 8000 Hz frekanslarında odyometri testi uygulanmıştır. Timpanometri testi Interacoustics AT226 (Danimarka) marka ve model immitansmetre kullanılarak uygulanmıştır. Tarama aşamasını geçen hastalar ECoChG testine alınmıştır. ECoChG sonucu koklear sinaptopati tanısı alan hastalar VEMP testine tabi tutulmuştur.

2.6 Veri Toplamada Kullanılan Testler

2.6.1 Elektrokokleografi (Ecochg)

Hedera Biomedics Socrates (İtalya) marka ve model işitsel uyarılmış potansiyel (AEP) cihazı, E-A-RLINK™ gold-foil tiptrode elektrotlar, Ambu® Neuroline™ 720 yüzey elektrotları, Sanibel elektrot kabloları kullanılarak ECoChG kayıtları alınmıştır.

2.6.1.1 Test Protokolleri ve Prosedürü

Uyaran olarak, 11.3/saniye rate, 95dB nHL şiddetinde, alternating polarite click uyaran kullanılmıştır. High Pass Filter (HPF) 3.3Hz, Low Pass Filter (LPF) 5000Hz olarak belirlenmiştir. Her trase için 1000 sweep alınmıştır. Elde edilen trase beklenen

morfolojiyi göstermediyse, kolayca tanımlanabilir tepe noktalarına ve iyi bir morfolojiye sahip bir test yanıtı elde edilene kadar ek traseler alınmıştır. Gerektiğinde tiptrode elektrot yeniden konumlandırılmıştır.

Katılımcılardan kayıt süresince bir sedyede rahat bir şekilde uzanmaları istenmiştir. Yüzey elektrotları; referans kontralateral mastoid üzerine, ground elektrot ise alın ortasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Tiptrode elektrot test edilen kulak kanalına deep insertion yöntemi ile yerleştirilmiştir. Yüzey elektrotlarının yerleştirileceği bölgelerdeki cilt impedansını düşürmek için NuPrep jel ve pamuk kullanılmıştır. Tiptrode elektrot yerleşimi için ise dış kulak kanalı serum fizyolojik doldurulup 1 dakika beklenmiştir. Boşaltıldıktan sonra az miktarda Ten20 yüksek iletken jel sürülmüştür. Elektrot impedanslarının hepsinin 3 ohm altında olması ve elektrotlar arası impedans farkının 0.1 ohm ve altında olması sağlanmıştır.

SP ve AP dalgaları alınan traseler üzerinde belirlenmiştir. Baseline (BL) seçildikten sonra SP amplitüdü, AP amplitüdü, SP/AP amplitüd oranı ve SP/AP alan oranları hesaplanmıştır. SP/AP alan ölçümleri, Hedera Biomedics Socrates cihazı tarafından hesaplanmıştır. SP alanı, BL çizgisinin altında kalan toplam alandır. Genellikle AP'yi de kapsamaktadır. AP alanı, AP1 ile AP2 arasında çizilen çizginin altında kalan alandır. Dalga belirlemeleri araştırmacı tarafından cihaz üzerinde yapıldıktan sonra Hedera Biomedics Socrates cihazı SP,AP amplitüdlerini, SP/AP amplitüd ve alan oranlarını otomatik olarak hesaplamıştır.

2.6.2 VEMP

Hedera Biomedics Socrates (İtalya) marka ve model işitsel uyarılmış potansiyel (AEP) cihazı, Ambu® Neuroline™ 720 yüzey elektrotları, Sanibel elektrot kabloları kullanılarak ECochG kayıtları alınmıştır.

2.6.2.1 Test Protokolleri ve Prosedürü

Tone-burst, 500 Hz, 4.3/s stimulus rate, rise=2ms, plateau=1 ms, fall=2ms uyarın kullanılmıştır. Uyarın şiddeti başta 100 dBnHL olarak verilmiştir. EMG filtrelemesi için HPF 30Hz, LPF 3000Hz olarak belirlenmiştir. Her trase için 150 sweep alınmıştır. Trase beklenen morfolojiyi gösteriyorsa, VEMP cevapları alınamayana kadar 10 dBnHL şiddet düşürülerek traseler alınmıştır. VEMP cevabı

alınamayan şiddet seviyesine 5 dBnHL artırım yapılarak son trase kaydedilmiştir. Bu şekilde kulağın VEMP eşiği belirlenmiştir.

Katılımcılardan test süresince sedyede uzanmaları istenmiştir. Orta alın bölgesi, koklear sinaptopati bulunan kulak tarafındaki sternokleidomastoid kasının üst 1/3 kısmı ve suprasternal çıkıntı NuPrep jel ile temizlenmiştir. Ground elektrot orta alın bölgesine, referans elektrot SKM üst 1/3 kısmına, aktif elektrot suprasternal çıkıntı üzerine yerleştirilmiştir. Elektrot impedanslarının hepsinin 3 ohm altında olması ve elektrotlar arası impedans farkının 0.1 ohm ve altında olması sağlanmıştır. Kayıt esnasında yeterli SKM kasılım seviyesini yakalamak için hastanın başını test edilen kulağın tersine dönük şekilde havada tutması istenmiştir. Alınan her trase arasında en az iki dakika dinlenme süresi belirlenmiştir. Kayıt sırasında katılımcılara SKM kaslarındaki EMG aktivitesi düzeyi hakkında bilgilendirmede bulunulmuştur. En az 50uV seviyesinde tutulması sağlanmıştır.

Anlamlı ilk negatif ve pozitif dalga tepeleri sırasıyla P1 ve N1 olarak belirlenmiştir. P1 ve N1 dalgalarının interpeak amplitüdüleri Hedera Biomedics Socrates cihazı otomatik olarak belirlemiştir.

2.7 İstatistiksel Analizler

Bu çalışmanın güç analizinde VEMP testi ile ilişkili yayımlanan makaleler incelenmiş ve bu makalelerde ele alınan istatistiksel güç konusu incelenmiştir. Daha sonra gücün hesaplanmasında kullanılan anlamlılık düzeyi, etki büyüklüğü ve örneklem büyüklüğü incelenerek analizlere ilişkin güç hesaplamaları yapılmıştır. Çalışmamızın güç değeri 1.00 olarak elde edilmiştir. Araştırma verilerinin analiz edilmesi sürecinde araştırma çalışma grubunun evreni temsil edip edemediği durumu normallik dağılımı varsayımı yoluyla incelenmiştir. Bunun için çarpıklık ve basıklık katsayıları ile histogram grafikleri yoluyla incelenmiştir (George & Mallery, 2010). İlgili uzmanlarca önerildiği üzere (Pallant, 2005), araştırma değişkenlerinin normal dağılması durumunda araştırma parametrik testler, normal dağılmaması durumunda ise non-parametrik testlerden yararlanılmıştır. Araştırma verilerinin analiz edilmesinde, Mann Whitney U Testi ve Ki-Kare testi kullanılmıştır. Araştırma değişkenlerine ilişkin betimleyici istatistikler ortalama ve standart sapma gibi betimleyici istatistikler yoluyla sunulmuştur. İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 26.0 programında gerçekleştirilmiş, anlamlılık düzeyi 0.05 olarak alınmıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR

Bu bölümde ilk olarak araştırmanın katılımcıları ve araştırma değişkenleri hakkında betimleyici istatistikler sunulmuştur. Ardından araştırma değişkenleri arasındaki ikili ilişkilere yer verilmiştir. Son olarak koklear sinaptopatili hasta grubu ya da kontrol grubunda araştırma değişkenlerinin anlamlı olarak farklılaşıp farklılaşmadığına ilişkin analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

3.1 Araştırmanın Katılımcı Grubuna İlişkin Betimleyici İstatistikler

Araştırmanın hasta grubu 10 erkek ve 10 kadın olmak üzere 20 kişi ve 40 kulak, kontrol grubu ise yine 10 erkek ve 10 kadın olmak üzere toplam 20 kişi ve 40 kulaktan oluşmaktadır. Toplam değerlendirilen kulak sayısı 80'dir.

Tablo 1. Araştırma değişkenlerine ilişkin betimleyici istatistikler

Değişken	Grup	N	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
P1 Latans	Hasta	28	17,26	14,90	27,60	2,74
	Kontrol	37	17,57	14,20	25,70	2,84
	Toplam	65	17,44	14,20	27,60	2,78
N1 Latans	Hasta	28	23,44	19,10	32,10	2,70
	Kontrol	37	23,07	19,50	32,30	2,85
	Toplam	65	23,23	19,10	32,30	2,77
Tepeler Arası Amplitüd	Hasta	28	128,40	36,37	370,37	77,21
	Kontrol	37	137,56	14,85	424,74	79,01
	Toplam	65	133,61	14,85	424,74	77,76
Eşik	Hasta	28	95,89	75,00	100,00	6,09
	Kontrol	37	93,24	80,00	100,00	6,26
	Toplam	65	94,38	75,00	100,00	6,28

Asimetri Oran	Hasta	20	51,91	0,86	100,00	41,92
	Kontrol	20	26,29	1,41	100,00	28,32
	Toplam	40	39,10	0,86	100,00	31,62

Tablo 1’de araştırma değişkenlerine bağlı betimleyici istatistikler verilmiştir. Kontrol grubu P1 Latans değişkenine ilişkin ortalama 17.57 iken standart sapma değeri 2.84’tür. N1 Latans değişkenine ilişkin ortalama 23.07 iken standart sapma değeri 2.85’tir. Tepeler arası amplitüd değişkenine ilişkin ortalama 137.56 iken standart sapma değeri 79.01’dir. Eşik değişkenine ilişkin ortalama 93.24 iken standart sapma değeri 6.26’dır. Asimetri oranı değişkenine ilişkin ortalama 26.29 iken standart sapma değeri 28.32’dir.

Koklear sinaptopatili hasta grubunun betimleyici istatistiklerine bakıldığında P1 Latans değişkenine ilişkin ortalama 17.26 iken standart sapma değeri 2.74’tür. N1 Latans değişkenine ilişkin ortalama 23.44 iken standart sapma değeri 2.70’tir. Tepeler arası amplitüd değişkenine ilişkin ortalama 128.40 iken standart sapma değeri 77.21’dir. Eşik değişkenine ilişkin ortalama 95.89 iken standart sapma değeri 6.09’dur. Asimetri oranı değişkenine ilişkin ortalama 51.91 iken standart sapma değeri 41.92’dir.

3.2 Koklear Sinaptopati ve Kontrol Gruplarının VEMP Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde gruplar arasında P1 Latans, N1 Latans, Tepeler arası amplitüd, eşik, asimetri oranı, VEMP cevaplarının varlığı ve VEMP cevabı durumu değişkenlerinin anlamlılığı Mann Whitney U testi ve Ki-Kare testi ile incelenmiştir. Sonuçlar Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 2. P1 Latans, N1 Latans, Tepeler arası amplitüd, eşik, asimetri oranı değişkenlerinin istatistiksel sonuçları

Değişken	Grup	N	Ortalama	Standart Sapma	Z	p
P1 Latans	Hasta	28	17,26	2,74	-0,464	0,643
	Kontrol	37	17,57	2,84		
	Toplam	65	17,44	2,78		
N1 Latans	Hasta	28	23,44	2,70	-0,517	0,605
	Kontrol	37	23,07	2,85		
	Toplam	65	23,23	2,77		
Tepeler Arası Amplitüd	Hasta	28	128,40	77,21	-0,609	0,542
	Kontrol	37	137,56	79,01		
	Toplam	65	133,61	77,76		
Eşik	Hasta	28	95,89	6,09	-1,878	0,060
	Kontrol	37	93,24	6,26		
	Toplam	65	94,38	6,28		
Asimetri Oranı	Hasta	20	51,91	41,92	-1,881	0,060
	Kontrol	20	26,29	28,32		
	Toplam	40	39,10	31,62		

Tablo 2’de araştırma değişkenlerine ait ortalamaların grup türüne göre anlamlı olarak farklılaşıp farklılaşmadığı incelenmiştir. Buna göre P1 Latans, N1 Latans, Tepeler arası amplitüd, eşik ve asimetri oranı grup türüne göre anlamlı olarak farklılaşmamaktadır ($p > .05$).

Tablo 3. VEMP Cevabı Varlığı karşılaştırmasının istatistiksel sonuçları

VEMP Cevabı Varlığı					
Grup	Mevcut	Absent	Toplam	Absent Yüzde	p
Hasta	30	10	40	%25	0,034*
Kontrol	37	3	40	%7.5	
Toplam	67	13	80		

Tablo 3'te VEMP cevabı yokluğunun (absent VEMP) hasta ve kontrol grupları arasında farklılaşp farklılaşmadığı incelenmiştir. Buna göre absent VEMP cevabı elde edilme oranı hasta grubunda kontrol grubuna göre anlamlı olarak artmıştır ($p<.05$).

Tablo 4. VEMP Cevabı Durumu karşılaştırmasının istatistiksel sonuçları

VEMP Cevabı Durumu					
Grup	Normal	Anormal	Toplam	Anormal Yüzde	p
Hasta	21	19	40	%47.5	0,004*
Kontrol	33	7	40	%17.5	
Toplam	52	28	80		

Tablo 4'te VEMP cevabı durumunun hasta ve kontrol grupları arasında farklılaşp farklılaşmadığı incelenmiştir. Buna göre anormal VEMP cevabı elde edilme oranı hasta grubunda kontrol grubuna göre anlamlı olarak artmıştır ($p<.05$).

TARTIŞMA

Gürültünün işitsel organları etkilediği gibi vestibüler sistemi de etkilediği bilinmektedir. Vestibüler hasarın bir nedeni olarak gürültüyü gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Çalışmamızda koklear sinaptopatili hastalarda absent VEMP cevaplarının kontrol grubuna oranla artmış olduğu tespit edilmiştir. Bu artışın sebebinin sakküler fonksiyonun bozulması olduğu düşünülmüştür. Koklear sinaptopati hastalarında sakküler fonksiyon bozukluğunun sebebinin ise gürültü maruziyeti olduğu yorumlanmıştır. Çalışmamızın koklear sinaptopati hastalarında sakküler fonksiyonu değerlendiren ilk çalışma olması dolayısı ile benzer şekilde yapılmış VEMP sonuçları ile değerlendirilmiştir.

Yapılan bir çalışmada kronik gürültüye maruziyet sonucu oluşmuş işitme kayıplı 20 hastaya VEMP ve kalorik test uygulanmıştır. Hasta grubunu bilateral 4khz frekansında çentik işitme kaybı olanlar oluşturmuştur. Hasta grubuna yapılan kalorik test sonucu %45 oranında anormal cevaplar alınmıştır. VEMP testinde ise bu oran %50 olarak elde edilmiştir ve çalışmamız ile benzerlik göstermektedir. Çalışmada VEMP testinin anormal kabul edilme durumu gecikmiş latanslara ve absent olmasına bağlı olduğu belirtilmiştir (Y. P. Wang ve Young, 2007).

Gürültü maruziyetinin servikal VEMP sonuçlarına etkisini inceleyen bir çalışmada gürültüye bağlı asimetrik işitme kayıplı 43 kişi çalışmaya dahil edilmiştir. Normal işiten 14 kişi ise kontrol grubu olarak yer almıştır. Hasta grubunun %33'ünde anormal VEMP cevapları elde edilmiştir. VEMP eşiği kontrol grubuna oranla anlamlı derecede yüksek olduğu belirtilmiştir. Çalışmamız ile benzer olarak sakküle bağlı reflekslerin gürültü nedeniyle hasar gördüğü fikri bildirilmiştir (Akin ve diğerleri, 2012).

Fareler üzerinde yapılan bir deneyde fareler 3 saat boyunca 116 dB SPL beyaz gürültüye (0-24 kHz) maruz bırakılmıştır. Maruziyetten 7 gün sonra yapılan ABR değerlendirmesinde ortalama 43.3 dB eşik yükselmesi tespit edilmiştir. Vestibüler incelemelerde sakkül ve utrikülde stereosilya kaybı gözlenmiştir. Çalışmamızda sakkülden aldığımız VEMP cevaplarının azalmasının kökeni olabileceği düşünülmüştür (C. Stewart ve diğerleri, 2016). Gürültüye maruz kalmış farelerde

mikroskop ile inceleme yapıldığında ise sakküler stereosilya dansite azalması gözlenmiştir (C. E. Stewart ve diğerleri, 2020).

Bir çalışmada gürültüye bağlı işitme kayıplı hastalara servikal VEMP yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda çalışmamızla benzerlik göstererek %63 oranında anormal VEMP cevabı alınmıştır. Ancak yapılan çalışmada VEMP bileşenleri ayrı olarak incelenmemiştir (Dalgıç, Yılmaz, Hıdır, Satar ve Gerek, 2015).

Boylamsal yapılan bir çalışmada ise kronik silah sesine maruz kalan hastalar çalışmaya dahil edilmiştir. Yapılan VEMP değerlendirmesinde çalışmamız ile benzer bulgular elde edilmiştir. Katılımcıların %75'inde anormal cevaplar kaydedildiği bildirilmiştir. Katılımcıların yaklaşık %58.3'ünde ise absent VEMP cevapları bildirilmiştir (Wu ve Young, 2009).

40 kronik gürültüye maruz kalmış hasta grubu ve 20 sağlıklı kontrol grubu ile yapılan bir çalışmada servikal VEMP yapılmıştır. Verilen uyaran şiddeti 95dB nHL olarak belirlenmiştir. VEMP parametreleri kıyaslandığında çalışmamızdan farklı olarak VEMP latanslarında anlamlı uzama ve amplitüd düşüşü tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada absent VEMP sonuçlarının alındığı ancak istatistiğe dahil edilmediği belirtilmiştir. Ayrıca elde edilen anormal VEMP cevabı bilgisi verilmemiştir (El-Salam, Ismail ve El-Sharabasy, 2017).

Kronik gürültüye maruz kalan trafik polisleri ve otomobil sürücüleri ile yapılan bir çalışmada 121 kişi hasta ve 121 kişi kontrol grubu dahil edilmiştir. Bütün katılımcılar detaylı vestibüler incelemelere alınmıştır. Yapılan incelemelerde nistagmus, sakkad, kalorik test fonksiyonlarında fark bulunamamıştır. VEMP incelemesinde ise çalışmamız ile benzer olarak latans ve amplitüd grupları arasında farklılık göstermemiştir. Ancak bizim çalışmamızda elde edilen sonuçların aksine çalışmaya dahil olan 242 katılımcının hepsinde VEMP cevabı alındığı belirtilmiştir (Das, Kalidoss, Bakshi ve Ramesh, 2022).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda 18-65 yaş aralığında koklear sinaptopatili 20 kişi VEMP testi ile değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar şöyledir:

- 1- Koklear sinaptopatili hasta grubu ve kontrol grubu arasında P1 Latans değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.
- 2- Koklear sinaptopatili hasta grubu ve kontrol grubu arasında N1 Latans değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.
- 3- Koklear sinaptopatili hasta grubu ve kontrol grubu arasında Tepeler Arası Amplitüd değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.
- 4- Koklear sinaptopatili hasta grubu ve kontrol grubu arasında Eşik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.
- 5- Koklear sinaptopatili hasta grubu ve kontrol grubu arasında Asimetri Oranı değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.
- 6- Koklear sinaptopatili hasta grubu ve kontrol grubu arasında VEMP cevabı varlığı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Koklear sinaptopatili hasta grubunda VEMP cevabı yokluğu oranı %25 iken kontrol grubunda %7.5 olarak bulunmuştur.
- 7- Koklear sinaptopatili hasta grubu ve kontrol grubu arasında VEMP Cevabı Durumu karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Koklear sinaptopatili hasta grubunda anormal VEMP cevabı elde edilme oranı %47.5 iken kontrol grubunda %17.5 olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak koklear sinaptopatinin, başta sakküler fonksiyon bozukluğu olmak üzere vestibüler bozukluklar için risk faktörü olabileceği ve klinikte çalışan odyologların, kulak burun ve boğaz uzmanlarının ve diğer uzmanların bu bozukluklarının erken tanı ve tedavisi için bilgilendirilmelerine katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Bu amaçla klinikte koklear sinaptopati tanısı alan hastalara VEMP ile veya diğer test bataryaları ile vestibüler bozukluklar

açısından tarama testleri uygulanabilir, bu sayede vestibüler bozuklukların erken tanı ve tedavisi sağlanabilir. Ayrıca çalışmamızda vestibüler bozuklukları değerlendirmek amacı ile sadece VEMP testinin kullanılması sebebiyle ileride yapılacak çalışmalarda koklear sinaptopati hastaları için VNG, Kalorik, Postürografi, v-HIT gibi farklı test bataryalarına da ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.



KAYNAKÇA

- Akin, F. W., Murnane, O. D., Tampas, J. W., Clinard, C., Byrd, S. ve Kelly, J. K. (2012). The effect of noise exposure on the cervical vestibular evoked myogenic potential. *Ear and hearing*, 33(4), 458–465. doi:10.1097/AUD.0B013E3182498C5F
- Ashmore, J. (2008). Cochlear outer hair cell motility. *Physiological Reviews*, 88(1), 173–210. doi:10.1152/PHYSREV.00044.2006/ASSET/IMAGES/LARGE/Z9J0010824710007.JPEG
- Bal, N. ve Derinsu, U. (2021). The possibility of cochlear synaptopathy in young people using a personal listening device. *Auris Nasus Larynx*, 48(6), 1092–1098. doi:10.1016/j.anl.2021.03.015
- Brad A. Stach. (2010). *Clinical Audiology: An Introduction* (2nd bs.). Delmar Cengage Learning.
- Bramhall, N. F. (2021). Use of the auditory brainstem response for assessment of cochlear synaptopathy in humans. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 150(6), 4440–4451. doi:10.1121/10.0007484
- Bramhall, N. F., Konrad-Martin, D., McMillan, G. P. ve Griest, S. E. (2017). Auditory Brainstem Response Altered in Humans With Noise Exposure Despite Normal Outer Hair Cell Function. *Ear and hearing*, 38(1), e1–e12. doi:10.1097/AUD.0000000000000370
- Chang, -C ;, Huang, C.-C. ;, Chen, C.-Y. ;, Cheng, Y.-F. ;, Ting, K.-C., Chang, C.-C., ... Cheng, Y.-F. (2022). Are Electrocochleographic Changes an Early Sign of Cochlear Synaptopathy? A Prospective Study in Tinnitus Patients with Normal Hearing. *Diagnostics* 2022, Vol. 12, Page 802, 12(4), 802. doi:10.3390/DIAGNOSTICS12040802
- Chang, S. L. (2020). Electrocochleography as a diagnostic tool for noise-induced cochlear synaptopathy. doi:10.14288/1.0390317
- Colebatch, J. G., Halmagyi, G. M. ve Skuse, N. F. (1994). Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 57(2), 190–197. doi:10.1136/JNNP.57.2.190

- Coraci, L. M. (2019). *Electrocochleography (ECochG) with a non-invasive tympanic membrane (TM) electrode in normally hearing subjects.*
- Dalgıç, A., Yılmaz, O., Hıdır, Y., Satar, B. ve Gerek, M. (2015). Analysis of Vestibular Evoked Myogenic Potentials and Electrocochleography in Noise Induced Hearing Loss. *The journal of international advanced otology*, 11(2), 127–132. doi:10.5152/iao.2015.1025
- Das, S., Kalidoss, V. K., Bakshi, S. S. ve Ramesh, S. (2022). A Cross-Sectional Study on the Effect of Chronic Noise Exposure on the Vestibular Function of Traffic Policemen and Automobile Drivers. *Noise & health*, 24(115), 231–236. doi:10.4103/NAH.NAH_40_22
- Driver, E. C. ve Kelley, M. W. (2020). Development of the cochlea. *Development (Cambridge, England)*, 147(12). doi:10.1242/DEV.162263
- Eggermont, J. J. (2019). Auditory brainstem response. *Handbook of clinical neurology*, 160, 451–464. doi:10.1016/B978-0-444-64032-1.00030-8
- El-Salam, N. M. A., Ismail, E. I. ve El-Sharabasy, A. E. S. (2017). Evaluation of Cervical Vestibular Evoked Myogenic Potential in Subjects with Chronic Noise Exposure. *The journal of international advanced otology*, 13(3), 358–362. doi:10.5152/IAO.2017.4214
- Fernandez, K. A., Jeffers, P. W. C., Lall, K., Liberman, M. C. ve Kujawa, S. G. (2015). Aging after noise exposure: acceleration of cochlear synaptopathy in “recovered” ears. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 35(19), 7509–7520. doi:10.1523/JNEUROSCI.5138-14.2015
- Ferraro, J. A. (2010). Electrocochleography: A review of recording approaches, clinical applications, and new findings in adults and children. *Journal of the American Academy of Audiology*, 21(3), 145–152. doi:10.3766/JAAA.21.3.2
- Furman, A. C., Kujawa, S. G. ve Charles Liberman, M. (2013). Noise-induced cochlear neuropathy is selective for fibers with low spontaneous rates. *Journal of Neurophysiology*, 110(3), 577. doi:10.1152/JN.00164.2013
- Gates, G. A. ve Mills, J. H. (2005). Presbycusis. *Lancet (London, England)*, 366(9491), 1111–1120. doi:10.1016/S0140-6736(05)67423-5
- Goldberg, J. M., Wilson, V. J., Cullen, K. E., Angelaki, D. E., Broussard, M., Buttner-

- ennever, J., ... Minor, L. B. (2012). *The Vestibular System: A Sixth Sense Abstract and Keywords* (C. 9780195167).
- Habib, S. H. ve Habib, S. S. (2021). Auditory brainstem response: An overview of neurophysiological implications and clinical applications -A Narrative Review. *JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association*, 71(9), 2230–2236. doi:10.47391/JPMA.03-432
- Highstein S. M. Fay R. R. & Popper A. N. (2004). *The vestibular system*. Springer. <https://doi.org/10.1007/b97280>
- Hsu, W. C., Wang, J. Der, Lue, J. H., Day, A. S. ve Young, Y. H. (2008). Physiological and morphological assessment of the saccule in Guinea pigs after noise exposure. *Archives of otolaryngology--head & neck surgery*, 134(10), 1099–1106. doi:10.1001/ARCHOTOL.134.10.1099
- Jensen, J. B., Lysaght, A. C., Liberman, M. C., Qvortrup, K. ve Stankovic, K. M. (2015). Immediate and delayed cochlear neuropathy after noise exposure in pubescent mice. *PLoS ONE*, 10(5), 1–17. doi:10.1371/journal.pone.0125160
- Katz, J., Chasin, M., English, K., Hood, L. J. ve Tillery, K. L. (2014). *Handbook of Clinical Audiology: Seventh Edition*. Wolters Kluwer Health Adis (ESP).
- Kujawa, S. G. ve Liberman, M. C. (2009). Adding insult to injury: cochlear nerve degeneration after “temporary” noise-induced hearing loss. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 29(45), 14077–14085. doi:10.1523/JNEUROSCI.2845-09.2009
- Kumar, K., Vivarthini, C. ve Bhat, J. (2010). Vestibular evoked myogenic potential in noise-induced hearing loss. *Noise & health*, 12(48), 191–194. doi:10.4103/1463-1741.64973
- Liberman, L. D., Wang, H. ve Liberman, M. C. (2011). Opposing gradients of ribbon size and AMPA receptor expression underlie sensitivity differences among cochlear-nerve/hair-cell synapses. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 31(3), 801–808. doi:10.1523/JNEUROSCI.3389-10.2011
- Liberman, M. C. (1982). Single-neuron labeling in the cat auditory nerve. *Science (New York, N.Y.)*, 216(4551), 1239–1241. doi:10.1126/SCIENCE.7079757

- Lobarinas, E., Spankovich, C. ve Le Prell, C. G. (2017). Evidence of “hidden hearing loss” following noise exposures that produce robust TTS and ABR wave-I amplitude reductions. *Hearing research*, 349, 155–163. doi:10.1016/J.HEARES.2016.12.009
- Lysakowski, A., Govindaraju, A. C. ve Raphael, R. M. (2022). Structural and functional diversity of mitochondria in vestibular/cochlear hair cells and vestibular calyx afferents. *Hearing Research*, 426, 108612. doi:10.1016/J.HEARES.2022.108612
- Paquette, S. T., Gilels, F. ve White, P. M. (2016). Noise exposure modulates cochlear inner hair cell ribbon volumes, correlating with changes in auditory measures in the FVB/nJ mouse. *Scientific reports*, 6. doi:10.1038/SREP25056
- Pienkowski, M., Adunka, O. F. ve Lichtenhan, J. T. (2018). *New advances in electrocochleography for clinical and basic investigation. Frontiers in Neuroscience*. Frontiers Media S.A. doi:10.3389/FNINS.2018.00310
- Raphael, Y. ve Altschuler, R. A. (2003). Structure and innervation of the cochlea. *Brain Research Bulletin*, 60(5–6), 397–422. doi:10.1016/S0361-9230(03)00047-9
- Rosengren, S. M., Colebatch, J. G., Young, A. S., Govender, S. ve Welgampola, M. S. (2019). Vestibular evoked myogenic potentials in practice: Methods, pitfalls and clinical applications. *Clinical neurophysiology practice*, 4, 47–68. doi:10.1016/J.CNP.2019.01.005
- Sergeyenko, Y., Lall, K., Charles Liberman, M. ve Kujawa, S. G. (2013). Age-related cochlear synaptopathy: an early-onset contributor to auditory functional decline. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 33(34), 13686–13694. doi:10.1523/JNEUROSCI.1783-13.2013
- Shiang Ling Chang, by B. (2020). Electrocochleography as a diagnostic tool for noise-induced cochlear synaptopathy. doi:10.14288/1.0390317
- Stephen M. Highstein, Richard R. Fay, A. N. P. (2004). The vestibular system. (S. M. Highstein, R. R. Fay ve A. N. Popper, Ed.) *Ear and Hearing*, Springer Handbook of Auditory Research. New York, NY: Springer New York. doi:10.1097/00003446-200412000-00012


- Stewart, C. E., Holt, A. G., Altschuler, R. A., Cacace, A. T., Hall, C. D., Murnane, O. D., ... Akin, F. W. (2020). Effects of Noise Exposure on the Vestibular System: A Systematic Review. *Frontiers in neurology*, 11. doi:10.3389/FNEUR.2020.593919
- Stewart, C., Yu, Y., Huang, J., Maklad, A., Tang, X., Allison, J., ... Zhu, H. (2016). Effects of high intensity noise on the vestibular system in rats. *Hearing research*, 335, 118–127. doi:10.1016/J.HEARES.2016.03.002
- Stuermer, K. J., Beutner, D., Foerst, A., Hahn, M., Lang-Roth, R. ve Walger, M. (2015). Electrocochleography in children with auditory synaptopathy/neuropathy: Diagnostic findings and characteristic parameters. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 79(2), 139–145. doi:10.1016/J.IJPORL.2014.11.025
- Tseng, C. C. ve Young, Y. H. (2013). Sequence of vestibular deficits in patients with noise-induced hearing loss. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 270(7), 2021–2026. doi:10.1007/S00405-012-2270-6
- Wang, J., Yin, S., Chen, H. ve Shi, L. (2019). Noise-Induced Cochlear Synaptopathy and Ribbon Synapse Regeneration: Repair Process and Therapeutic Target. *Advances in experimental medicine and biology*, 1130, 37–57. doi:10.1007/978-981-13-6123-4_3
- Wang, Y. P., Hsu, W. C. ve Young, Y. H. (2006). Vestibular evoked myogenic potentials in acute acoustic trauma. *Otology & neurotology : official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 27(7), 956–961. doi:10.1097/01.MAO.0000231590.57348.4B
- Wang, Y. P. ve Young, Y. H. (2007). Vestibular-evoked myogenic potentials in chronic noise-induced hearing loss. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 137(4), 607–611. doi:10.1016/j.otohns.2007.05.005
- Wu, C. C. ve Young, Y. H. (2009). Ten-year longitudinal study of the effect of impulse noise exposure from gunshot on inner ear function. *International journal of audiology*, 48(9), 655–660. doi:10.1080/14992020903012481

Zuniga, M. G., Dinkes, R. E., Davalos-Bichara, M., Carey, J. P., Schubert, M. C., King, W. M., ... Agrawal, Y. (2012). Association between hearing loss and saccular dysfunction in older individuals. *Otology & neurotology : official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 33(9), 1586–1592. doi:10.1097/MAO.0B013E31826BEDBC



EKLER

EK-1 GÖNÜLLÜ BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM FORMU

 İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ	ETİK KURUL KATILIMCILAR İÇİN BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	Doküman No	ET.FR.06
		Yayın Tarihi	09.07.2018
		Revizyon Tarihi	-
		Revizyon No	00
		Sayfa Sayısı	01
Katılımcı			
Adı ve Soyadı		Tarih ve İmza	
Adres ve telefonu			
Velayet veya Vesayet Altındaki Katılımcılar için Veli/Vasi			
Adı ve Soyadı		Tarih ve İmza	
Adres ve telefonu			