



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**SERVİKAL VESTİBÜLER UYARILMIŞ MİYOJENİK
POTANSİYELLERDE YAŞLILIĞIN FREKANS ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Beyza ŞENOL

**KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Emre OCAK**

**ANKARA
2025**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SERVİKAL VESTİBÜLER UYARILMIŞ MİYOJENİK
POTANSİYELLERDE YAŞLILIĞIN FREKANS ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Beyza ŞENOL

**KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Emre OCAK**

**ANKARA
2025**

ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Yüksek lisans tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyelerde Yaşlılığın Frekans Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Beyza ŞENOL

Tarih: 16.07.2025

İmza:

KABUL VE ONAY

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalında
Beyza ŞENOL tarafından hazırlanan
“Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyellerde Yaşlılığın Frekans Üzerindeki
Etkisinin Değerlendirilmesi” adlı
tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak OY BİRLİĞİ ile
kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 16.07.2025

Doç. Dr. Zehra AYDOĞAN

Ankara Üniversitesi

Jüri Başkanı

Doç. Dr. Emre OCAK

Ankara Üniversitesi

Danışman

Dr. Öğretim Üyesi Banu BAŞ

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Üye

Tez hakkında alınan jüri kararı, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fügen AKTAN

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyellerde Yaşlılığın Frekans Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi

Yaşlanmayla birlikte vestibüler sistemde değişimler ve işlev kayıpları meydana gelmektedir. Bu değişimler vestibüler test bataryalarına yansımakta ve yaşlı grupta tanıyı zorlaştırmaktadır. Sakkünden köken alan ve yanıtların sternokleidomastoid (SKM) kasından elde edildiği Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (cVEMP) de bu değişimlerden etkilenmektedir. Sağlıklı yaşlı bireylerde 500 Hz frekansta yapılan cVEMP çalışmalarında, yaşın artmasıyla birlikte latans değerlerinin etkilendiği, yanıt oranlarında düşüşlerin ve amplitüdlere azalmaların gözlemlendiği bildirilmiştir. Bu nedenle çalışmamızın amacı, yaşlı grupta en iyi cVEMP yanıtlarının elde edilmesi için uygun frekansın tanımlanarak uyaran kaynaklı cevap yokluğunun en aza indirilmesi ve cVEMP test bataryasının tanıdaki duyarlılığının artırılmasıdır. Bu amaçlar doğrultusunda 18-84 yaş arası toplam 60 sağlıklı katılımcı çalışmaya dahil edilmiştir. Katılımcılar 18-64 yaş arası yetişkin grup ve 65-84 yaş arası yaşlı grup olacak şekilde iki gruba ayrılmıştır. Her katılımcı immitansmetrik değerlendirme ve saf ses odyometri testi sonrası cVEMP testine alınmıştır. cVEMP testi tone burst uyaranda 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yetişkin ve yaşlı grupta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda elde edilen cVEMP yanıt oranları değerlendirilmiş ve P1 latans, N1 latans, P1-N1 interlatans, P1-N1 dalga amplitüdü ve amplitüd asimetri oranları karşılaştırılmıştır. Yaşlı grupta ise 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda cinsiyet, sağ-sol kulak ve frekanslar arası cVEMP parametreleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca yaşlı grupta, yaş ile cVEMP arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için korelasyon analizi yapılmıştır. cVEMP yanıt oranları, yetişkin grupta tüm frekanslarda %100 elde edilirken yaşlı grupta, 750 Hz ve 1000 Hz’de %100, 500 Hz’de %93 (30 katılımcıdan 28’inde) elde edilmiştir. Yetişkin ve yaşlı grupta elde edilen cVEMP sonuçları karşılaştırıldığında 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda her iki kulakta da P1 latans, N1 latans ve P1-N1 amplitüd değerlerinde anlamlı fark gözlenmiş ($p<0,05$), P1 latans ve N1 latans değerleri yaşlı grupta daha geç, P1-N1 amplitüd değerleri ise yetişkin grupta daha büyük elde edilmiştir. Ek olarak 750 Hz’de amplitüd asimetri oranında anlamlı fark elde edilmiştir ($p<0,05$). Diğer ölçüm sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmemiştir ($p>0,05$). Yaşlı grupta, erkek ve kadın katılımcılar arasında yapılan karşılaştırmada 500 Hz frekansta sol kulakta P1-N1 interlatans ve amplitüd asimetri oranında, 1000 Hz frekansta sol kulakta P1-N1 interlatans değerinde anlamlı fark gözlenirken ($p<0,05$), 750 Hz frekansta her iki kulakta da anlamlı fark gözlenmemiştir ($p>0,05$). Sağ ve sol kulak arasında 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda anlamlı fark elde edilmemiştir ($p>0,05$). Frekanslar arası yapılan karşılaştırma sonucunda ise sağ kulakta N1 latans değerinde, sol kulakta P1 latans ve N1 latans değerinde 500 Hz ile 1000 Hz arasında anlamlı fark olup ($p<0,05$), 500 Hz’de daha geç latans cevapları elde edilmiştir. Her iki kulakta da P1-N1 amplitüd değerinde hem 500 Hz ile 750 Hz arasında hem de 500 Hz ile 1000 Hz arasında anlamlı fark gözlenmiş ($p<0,05$), 750 Hz ve 1000 Hz’de elde edilen amplitüd değerleri 500 Hz’den daha büyük elde edilmiştir. Sağ kulakta P1 latans ve P1-N1 interlatans, sol kulakta P1-N1 interlatans ve amplitüd asimetri oranında anlamlı fark elde edilmemiştir ($p>0,05$). Yapılan korelasyon analizi sonucunda yaş ile sağ kulak 500 Hz N1 latans değerinde pozitif yönde, sağ kulak 750 Hz P1-N1 amplitüd değerinde negatif yönde ve sol kulak 750 Hz amplitüd asimetri oranında negatif yönde anlamlı seviyede korelasyon elde edilmiştir ($p<0,05$). Sonuç olarak yaşlı grupta 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda 500 Hz’e göre daha yüksek yanıt oranı, daha kısa latanslı ve daha büyük amplitüdlü cVEMP yanıtları elde edilmiştir. Bu nedenle, yaşlılarda cVEMP testi uygulanırken yaş faktörü göz önünde bulundurulmalı ve daha güvenilir dalga formları elde edebilmek için yaşlı grupta uygun klinik protokoller kullanılmalıdır.

Anahtar Sözcükler: cVEMP, Frekans Etkisi, Yaşlılık

SUMMARY

Evaluation of the Effect of Aging on Frequency in Cervical Vestibular Evoked Myogenic Potentials

With aging, changes and functional losses occur in the vestibular system. These changes are reflected in vestibular test batteries and make diagnosis difficult in the elderly group. Cervical Vestibular Evoked Myogenic Potentials (cVEMP), which originate from the saccule and responses are obtained from the sternocleidomastoid (SCM) muscle, are also affected by these changes. In cVEMP studies performed at a frequency of 500 Hz on healthy elderly individuals, it has been reported that latency values are affected with increasing age, and decreases in response rates and amplitudes are observed. Therefore, the aim of our study is to minimize stimulus-induced response absence and increase the diagnostic sensitivity of the cVEMP test battery by defining the appropriate frequency to obtain the best cVEMP responses in the elderly group. For these purposes, a total of 60 healthy participants between the ages of 18-84 were included in the study. Participants were divided into two groups: an adult group aged 18-64 and an elderly group aged 65-84. Each participant was subjected to cVEMP testing after the immittance evaluation and pure tone audiometry test. cVEMP test was performed using tone burst stimulus frequencies of 500 Hz, 750 Hz and 1000 Hz. The cVEMP response rates obtained at frequencies of 500 Hz, 750 Hz and 1000 Hz in the adult and elderly groups were evaluated and P1 latency, N1 latency, P1-N1 interlatency, P1-N1 wave amplitude and amplitude asymmetry rates were compared. In the elderly group, cVEMP parameters were compared in terms of gender, right-left ear and frequencies at 500 Hz, 750 Hz and 1000 Hz frequencies. Additionally, correlation analysis was performed to evaluate the relationship between age and cVEMP in the elderly group. cVEMP response rates were 100% in the adult group at all frequencies, while in the elderly group, 100% was obtained at 750 Hz and 1000 Hz, and 93% at 500 Hz (28 out of 30 participants). When the cVEMP results obtained in the adult and elderly groups were compared, a significant difference was observed in P1 latency, N1 latency and P1-N1 amplitude values in both ears at frequencies of 500 Hz, 750 Hz and 1000 Hz ($p<0.05$), P1 latency and N1 latency values were obtained later in the elderly group, and P1-N1 amplitude values were obtained greater in the adult group. Additionally, a significant difference was obtained in the amplitude asymmetry ratio at 750 Hz ($p<0.05$). No statistically significant difference was obtained in other measurement results ($p>0.05$). In the comparison between male and female participants in the elderly group, a significant difference was observed in the P1-N1 interlatency and amplitude asymmetry ratio in the left ear at a frequency of 500 Hz, and in the P1-N1 interlatency value in the left ear at a frequency of 1000 Hz ($p<0.05$), while no significant difference was observed in both ears at a frequency of 750 Hz ($p>0.05$). No significant difference was found between the right and left ears at frequencies of 500 Hz, 750 Hz and 1000 Hz ($p>0.05$). As a result of the comparison between frequencies, there was a significant difference between 500 Hz and 1000 Hz in N1 latency value in the right ear, P1 latency and N1 latency value in the left ear ($p<0.05$), and later latency responses were obtained at 500 Hz. A significant difference was observed in the P1-N1 amplitude value between 500 Hz and 750 Hz and between 500 Hz and 1000 Hz in both ears ($p<0.05$) and the amplitude values obtained at 750 Hz and 1000 Hz were greater than 500 Hz. No significant difference was found in P1 latency and P1-N1 interlatency in the right ear, and in P1-N1 interlatency and amplitude asymmetry rate in the left ear ($p>0.05$). As a result of the correlation analysis, a significant correlation was found between age and the right ear 500 Hz N1 latency value in the positive direction, right ear 750 Hz P1-N1 amplitude value in the negative direction, and left ear 750 Hz amplitude asymmetry ratio in the negative direction ($p<0.05$). As a result, higher response rates, shorter latency, and larger amplitude cVEMP responses were obtained at 750 Hz and 1000 Hz frequencies compared to 500 Hz in the elderly group. Therefore, when performing the cVEMP test in the elderly, the age factor should be taken into consideration and appropriate clinical protocols should be used in the elderly group to obtain more reliable waveforms.

Keywords: cVEMP, Frequency Effect, Old Age

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
Özet	iv
Summary	v
İçindekiler	vi
Önsöz	viii
Simgeler ve Kısaltmalar	ix
Şekiller	x
Çizelgeler	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Vestibüler Sistem	1
1.1.1. Periferik Vestibüler Sistem Anatomi ve Fizyolojisi	1
1.1.1.1. Semisirküler Kanallar	2
1.1.1.2. Otolit Organlar	4
1.1.1.3. Vestibüler Sinir	5
1.1.2. Santral Vestibüler Sistem Anatomi ve Fizyolojisi	6
1.1.2.1. Vestibüler Çekirdekler	6
1.1.2.2. Vestibüloserebellum	7
1.1.3. Vestibüler Refleksler	8
1.1.3.1. Vestibülooküler Refleks (VOR)	8
1.1.3.2. Vestibülospinal Refleks (VSR)	9
1.1.3.3. Vestibülokolik Refleks (VKR)	10
1.2. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP)	10
1.2.1. Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (cVEMP)	11
1.3. Yaşlanma ve Yaşlılık	13
1.3.1. Yaşlanma ve Vestibüler Sistem	14
1.4. Yaşlanma ve cVEMP	16
2. GEREÇ ve YÖNTEM	19
2.1. Katılımcılar	19
2.2. Verilerin Toplanması ve Veri Toplama Araçları	20
2.2.1. Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu	20
2.2.2. Demografik Bilgi Formu	20
2.2.3. İmmitansmetrik Değerlendirme	21
2.2.4. Saf Ses Odyometri Testi	21
2.2.5. cVEMP Testi	21
2.3. İstatistiksel Analiz	22
3. BULGULAR	24
3.1. Tanımlayıcı İstatistikler	24
3.2. Gruplar Arası cVEMP Sonuçlarının Karşılaştırılması	26
3.3. Yaşlı Grupta Cinsiyete Göre cVEMP Sonuçlarının Karşılaştırılması	29
3.4. Yaşlı Grupta Kulak Tarafına Göre cVEMP Sonuçlarının Karşılaştırılması	31
3.5. Yaşlı Grupta Frekansa Göre cVEMP Sonuçlarının Karşılaştırılması	32
3.6. Yaşlı Grupta Yaş ile cVEMP Değişkenleri Arasında Korelasyon Analizi	34

4. TARTIŞMA	37
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR	52
EKLER	63
Ek-1. Etik Kurul Onayı	63
Ek-2. Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu	64
Ek-3. Demografik Bilgi Formu	66
ÖZGEÇMİŞ	69



ÖNSÖZ

Bu çalışma, yaşlı bireylerde meydana gelen vestibüler değişimlerin, servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyellerde frekans üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışma sürecimde yanımda olan, güler yüzü ile bilgi ve desteklerini esirgemeyen tez danışmanım, değerli hocam Doç. Dr. Emre OCAK'a,

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren sayın hocam Prof. Dr. Suna TOKGÖZ YILMAZ'a,

Tez çalışma sürecim de dahil olmak üzere yüksek lisans eğitimim boyunca destek ve yardımlarını esirgemeyen, bana örnek ve yol gösterici olan değerli hocam Doç. Dr. Zehra AYDOĞAN'a

Ankara Üniversitesi İbni Sina Hastanesi Odyoloji ekibine, bölüm hocalarıma ve dönem arkadaşlarıma,

Yüksek lisans eğitimimin bana kazandırdığı ve desteğini her zaman hissettiğim canım arkadaşım Ody. Ceyda CEYLANI'ye

Her zaman olduğu gibi yüksek lisans sürecimde de beni yalnız bırakmayan, zorlandığım zamanlarda beni motive eden ve destekleyen ev arkadaşım, canım kuzenim Zehra TEKECİK'e,

Hayatımın her anında yanımda olan, her zaman sevgi ve desteklerini hissettiğim, attığım her adımda bana güvenen ve başarıya ulaşmamda büyük katkıları olan canım annem Özlem ŞENOL'a, babam Halil ŞENOL'a ve kardeşim Büşra ŞENOL'a,

Teşekkürlerimi sunarım.

SİMGELER ve KISALTMALAR

%	Yüzde
cVEMP	Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller
dB	Desibel
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EMG	Elektromiyogram
Hz	Hertz
K+	Potasyum
maks	Maksimum
min	Minimum
ms	Milisaniye
µV	Mikrovolt
mVEMP	Masseter Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller
n	Sayı
Na+	Sodyum
nHL	Normalized Hearing Levels
ort	Ortalama
oVEMP	Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller
r	Korelasyon Katsayısı
SKM	Sternokleiodomastoid
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SS	Standart Sapma
VEMP	Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller
VKR	Vestibülokolik Refleks
VOR	Vestibülooküler Refleks
VSR	Vestibülospinal Refleks

ŞEKİLLER

Şekil 1.1. Kemik ve zar labirent	2
Şekil 1.2. Semisirküler kanallar ve farklı düzlemler üzerindeki yerleşimleri	2
Şekil 1.3. Tip I ve Tip II tüy hücreleri	3
Şekil 1.4. A: Lateral semisirküler kanal ampullası. B: Rotasyonel baş hareketi sırasında oluşan kupula hareketi	4
Şekil 1.5. A: Makula B: Makuladaki reseptör hücrelerin yönelimi	5
Şekil 1.6. Vestibüler sinir	6
Şekil 1.7. Vestibüler çekirdekler ve bağlantıları	7
Şekil 1.8. Lateral semisirküler kanalın uyarılmasıyla meydana gelen kanal-oküler refleks arkı	9
Şekil 1.9. A: Medial vestibülospinal yol, B: Lateral vestibülospinal yol	10
Şekil 1.10. cVEMP refleks arkı	11
Şekil 2.1. cVEMP elektrot yerleşimi ve baş pozisyonu	22
Şekil 3.1. Yetişkin ve yaşlı grupta sol kulak 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz cVEMP sonuçları arasındaki ilişki	29
Şekil 3.2. Sol kulakta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekansta elde edilen P1 latans değerlerinin karşılaştırılması	33
Şekil 3.3. Sol kulakta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekansta elde edilen N1 latans değerlerinin karşılaştırılması	33
Şekil 3.4. Sol kulakta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekansta elde edilen P1-N1 amplitüd değerlerinin karşılaştırılması	34

ÇİZELGELER

Çizelge 3.1. Gruplara ait cinsiyet ve yaş bilgileri	24
Çizelge 3.2. Yetişkin grupta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda elde edilen cVEMP yanıtları	25
Çizelge 3.3. Yaşlı grupta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda elde edilen cVEMP yanıtları	26
Çizelge 3.4. Yetişkin grup ve yaşlı grup cVEMP yanıt oranları	27
Çizelge 3.5. Yetişkin grup ve yaşlı grup 500 Hz cVEMP sonuçlarının karşılaştırılması	27
Çizelge 3.6. Yetişkin grup ve yaşlı grup 750 Hz cVEMP sonuçlarının karşılaştırılması	28
Çizelge 3.7. Yetişkin grup ve yaşlı grup 1000 Hz cVEMP sonuçlarının karşılaştırılması	28
Çizelge 3.8. Yaşlı grupta cinsiyete göre 500 Hz frekansta cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması	30
Çizelge 3.9. Yaşlı grupta cinsiyete göre 750 Hz frekansta cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması	30
Çizelge 3.10. Yaşlı grupta cinsiyete göre 1000 Hz frekansta cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması	31
Çizelge 3.11. Yaşlı grupta kulak tarafına göre cVEMP sonuçlarının karşılaştırılması	31
Çizelge 3.12. Yaşlı grupta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslar arasında cVEMP sonuçlarının karşılaştırılması	32
Çizelge 3.13. Yaşlı grupta yaş ile cVEMP değişkenleri arasındaki korelasyon bulguları	35

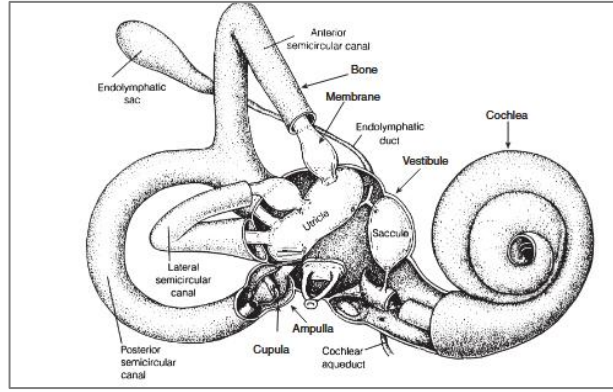
1. GİRİŞ

1.1. Vestibüler Sistem

Vestibüler sistem, hareket sırasında göz hareketlerinin koordine edilmesi, çevreye göre vücut yöneliminin korunması ve dengenin sağlanmasında rol oynayan, özelleşmiş yapılardan oluşan bir sistemdir (Khan ve Chang, 2013). Bu sistem, bir bağlantı noktası olan periferik vestibüler sistem ve karmaşık nöron ağından oluşan santral vestibüler sistem olarak iki grupta incelenir (Zalewski, 2015). Uç organlar ve vestibüler sinir, periferik vestibüler sistemi oluştururken, vestibüler nükleuslar, vestibüloserebellum ve vestibüler korteks yapıları santral vestibüler sistemi oluşturur (Gacek ve Gacek, 1996). Periferik vestibüler sistemde reseptör organlar, algılanan açısal ve doğrusal ivmeleri elektrokimyasal sinyallere dönüştürerek vestibüler sinirler aracılığı ile santral vestibüler sisteme iletir. Santral vestibüler sisteme ulaşan bilgiler entegre edilerek refleksler aracılığı ile bakış ve postüral stabilite sağlanır (Fife, 2010).

1.1.1. Periferik Vestibüler Sistem Anatomi ve Fizyolojisi

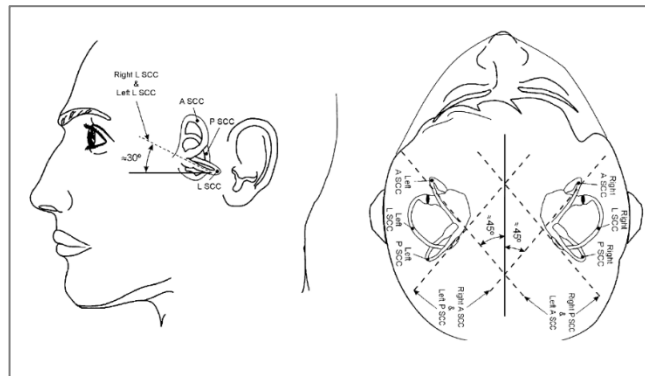
İç kulakta, kokleanın posteriorunda konumlanan periferik vestibüler sistem, temporal kemiğin petröz parçası içerisinde yer alır (Dickman, 2018). Periferik vestibüler sistem, kanallardan ve açıklıklardan oluşan kemik labirent ve kemik labirent içinde yer alan zar labirent olmak üzere iki kısımdan oluşur. Koklea, üç semisirküler kanal ve iki yapı arasında kalan vestibül, kemik labirenti oluşturur. Kemik ve zar labirent arası, yüksek oranda sodyum (Na^+) içeren ve beyin omurilik sıvısı ile kimyasal benzerlik gösteren perilenf ile doludur. Perilenf koklear aquaduct aracılığı ile beyin-omurilik sıvısına bağlanır (de Lahunta ve Glass, 2009; Goldberg vd., 2014). Duyu reseptörlerinden oluşan zar labirent, bağ dokusu aracılığıyla kemik labirent içinde asılı konumdadır. Zar labirent, otolit organlardan ve üç semisirküler kanalın membranöz kısımlarından oluşur. Zar labirenti, perilenf sıvısına göre yüksek oranda potasyum (K^+) içeren endolenf doldurur (Dickman, 2018). Üretimi striavaskularis (koklea) ve dark hücrelerde (vestibül) gerçekleşen endolenf, intraselüler sıvılara benzer bileşimde olup emilimi endolenfatik kese tarafından gerçekleşir. Farklı labirentleri dolduran ve aralarında bağlantı bulunmayan perilenf ve endolenf sıvısı birbiriyle karışmazlar (Ardıç, 2019). Kemik ve zar labirent Şekil 1.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Kemik ve zar labirent (Hain ve Helminski, 2007)

1.1.1.1. Semisirküler Kanallar

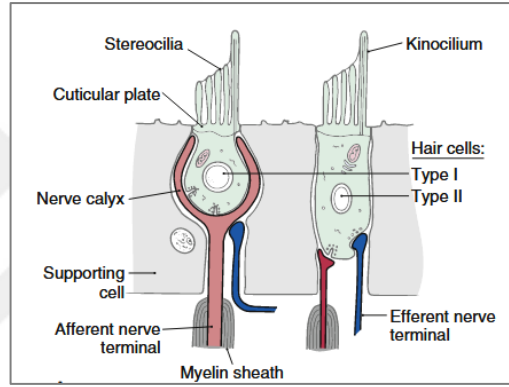
Anterior (süperior), posterior (inferior) ve lateral (horizontal) olmak üzere rotasyonel baş hareketlerine duyarlı üç adet semisirküler kanal bulunmaktadır. Bu kanallar birbirine göre dik açılarda ve farklı düzlemlerde konumlanmıştır. Lateral kanal, aksiyel düzleme 25-30 derecelik bir açıyla; anterior ve posterior kanallar ise sagittal düzleme 45 derecelik bir açıyla yerleşmiştir (Fife, 2010; Khan ve Chang, 2013). Her kanal kendi düzlemindeki açısal hareketlere duyarlıdır ve bu hareketlerin algılanabilmesi için kontralateral kulaktaki bir kanal ile eş düzlemindedir. Bir kulaktaki anterior semisirküler kanal ile diğer kulaktaki posterior semisirküler kanal aynı düzlem üzerinde konumlanmıştır ve her iki kulaktaki lateral semisirküler kanallar da aynı yatay düzlem üzerindedir (Della Santina vd., 2005). Semisirküler kanallar ve farklı düzlemler üzerindeki yerleşimleri Şekil 1.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Semisirküler kanallar ve farklı düzlemler üzerindeki yerleşimleri (Fife, 2010)

Semisirküler kanalların ön uçları, ampulla adı verilen genişlemelerle sonlanır. Anterior ve posterior kanallar, nonampuller uçlarında birleşerek utriküle açılırken, lateral kanal ise

bağımsız olarak utriküle açılır. Ampullada duyu ve destek hücrelerinin bulunduğu krista ampullaris yer alır (Zaleski-King vd., 2019). Kristada rotasyonel hareketleri algılayan tip I ve tip II tüy hücresi olmak üzere iki çeşit duyu hücresi bulunmaktadır. Tip I tüy hücreleri kristanın merkezi bölgelerinde yoğunlaşmış kadeh şeklindeki yapılar, tip II tüy hücreleri periferik bölgede yoğunlaşmış silindirik yapılardır. Tip I tüy hücreleri daha geniş ve kalın miyelinli afferent sinir bağlantısına sahipken, tip II tüy hücreleri düğme şeklinde daha küçük ve daha ince miyelinli sinir bağlantılarına sahiptir (Vidal vd., 2015). Her bir tüylü hücre 60 ila 100 adet arasında stereosilyum ve 1 adet kinosilyumdan oluşur. Stereosilyumlar kısıdan uzuna doğru sıralanarak en uzun olan kinosilyum ile bağlantı kurarlar (Dickman, 2018). Tip I ve Tip II tüy hücreleri Şekil 1.3.'te gösterilmiştir.

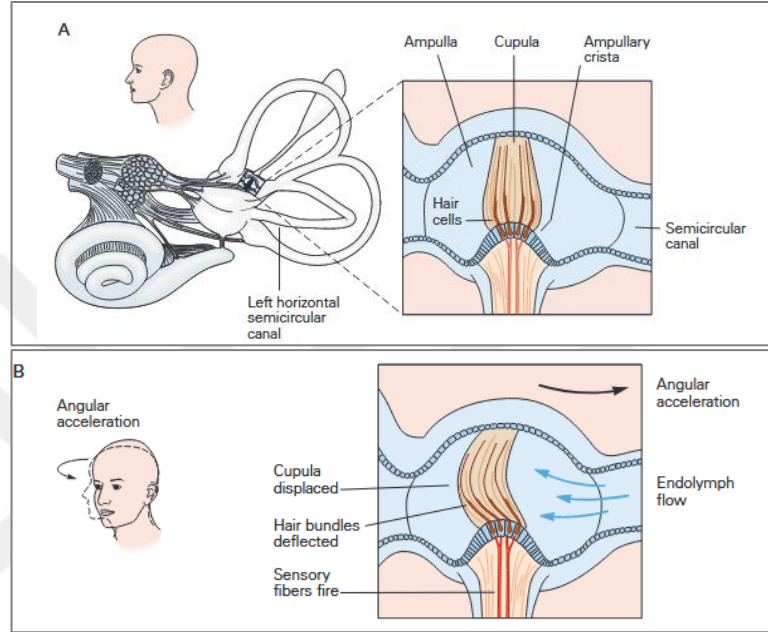


Şekil 1.3. Tip I ve Tip II tüy hücreleri (Dickman, 2018)

Tüy hücrelerinin üzerini örten ve tüy hücre demetlerinin içine doğru uzandığı jelatinimsi yapı kupula olarak adlandırılır. Ampullanın tüm kesitini doldurarak semisirküler kanal ile vestibül arasında endolenf geçişini önler (Hillman ve McLaren, 1979). Kupula, endolenf ile eşit özgül ağırlığa sahiptir. Rotasyonel bir baş hareketi gerçekleştiğinde kanal içindeki endolenf sıvısı harekete geçer. Endolenfin hareketi ile birlikte esnek olan kupula da ileri geri bükülerek stereosilyumların kinosilyuma doğru ya da kinosilyumdan uzağa doğru hareket etmesini sağlar. Oluşan hareket kinosilyuma doğru ise hücrede depolarizasyona yani uyarı artışına, tersi yönde ise hiperpolarizasyona yani uyarıda azalmaya sebep olur (Schubert ve Shepard, 2016). Lateral semisirküler kanal ampullası ve rotasyonel baş hareketi sırasında oluşan kupula hareketi Şekil 1.4.'te gösterilmiştir.

Kinosilyum, semisirküler kanallarda farklı bölgelerde yerleşim göstermekte ve bu yerleşim farklılığı elde edilecek uyarıyı etkilemektedir. Lateral kanallarda utriküle doğru yerleşim gösterir ve endolenf, ampullaya doğru hareket ettiğinde hücrede uyarı artışı

olur. Tam tersi olarak anterior ve posterior kanallarda, utrikülden uzakta yerleşim gösterir ve endolenf, ampulladan uzağa doğru hareket ettiğinde hücrede uyarı artışı olur (Goldberg ve Fernandez, 1971). Rotasyonel hareket yönünün beyin tarafından algılanabilmesi için eş düzlemlı semisirküler kanallarda bir tarafta tüy hücreleri uyarılırken diğer tarafta inhibe olur (Schubert ve Shepard, 2016).

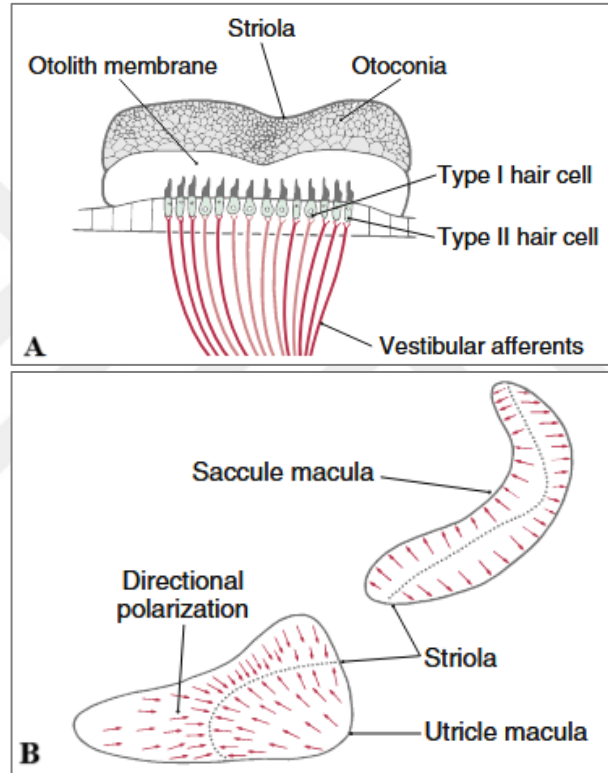


Şekil 1.4. A: Lateral semisirküler kanal ampullası. B: Rotasyonel baş hareketi sırasında oluşan kupula hareketi (Goldberg vd., 2014)

1.1.1.2. Otolit Organlar

Yerçekimi kuvvetinin de içinde bulunduğu doğrusal hareketleri algılayan, otolit organlar olarak da adlandırılan utrikül ve sakkül vestibülde yer alan iki reseptör organdır. Otolit organlarda tüy hücreleri, jelatinöz tabaka ve kalsiyum karbonat kristallerinden oluşan makula adı verilen özelleşmiş bir duyu alanı bulunur (Fife, 2010). “Utrikülde yaklaşık 30 bin, sakkülde yaklaşık 16 bin tüy hücresi bulunmaktadır” (Goldberg vd., 2014). Jelatinöz tabaka ya da diğer adıyla otolitik membran, üzerinde kalsiyum karbonat kristallerinin gömülü olduğu ve tüy hücre demetlerinin içine doğru uzandığı bir yapıdır. Kalsiyum karbonat kristalleri, otoconia ya da otolitler olarak adlandırılan, endolenfe göre 3 kat daha yoğun olan parçacıklardır. Bu yoğunluk yer çekimi ve doğrusal baş hareketlerinde otolitlerin hareket etmesini ve otolitik membran aracılığı ile tüy hücre demetlerinin uyarılmasına neden olur (Dickman, 2018; Schubert ve Shepard, 2016). Sakkül makulası, sagittal düzlemde

konumlanmış ve dikey düzlemdeki hareketlere duyarlıyken, utrikül makulası, horizontal düzlemde konumlanmış ve yatay düzlemdeki hareketlere duyarlıdır (Barrett vd., 2012). Doğrusal hareket yönünün belirlenmesini sağlayan, utrikül ve sakkül makulasını ikiye bölen çizgi, striola olarak adlandırılır. Kinosilyumlar, utrikül makulasında striolanın yakınında konumlanırken, sakkül makulasında striolanın uzağında konumlanmışlardır. Kinosilyumların striolanın iki tarafında farklı yönlerde konumlanmaları doğrusal hareket sırasında bir tarafta uyarı artışına, diğer tarafta ise inhibisyona sebep olur (Rabbitt vd., 2004). Makula ve makuladaki reseptör hücrelerin yönelimi Şekil 1.5.'te gösterilmiştir.

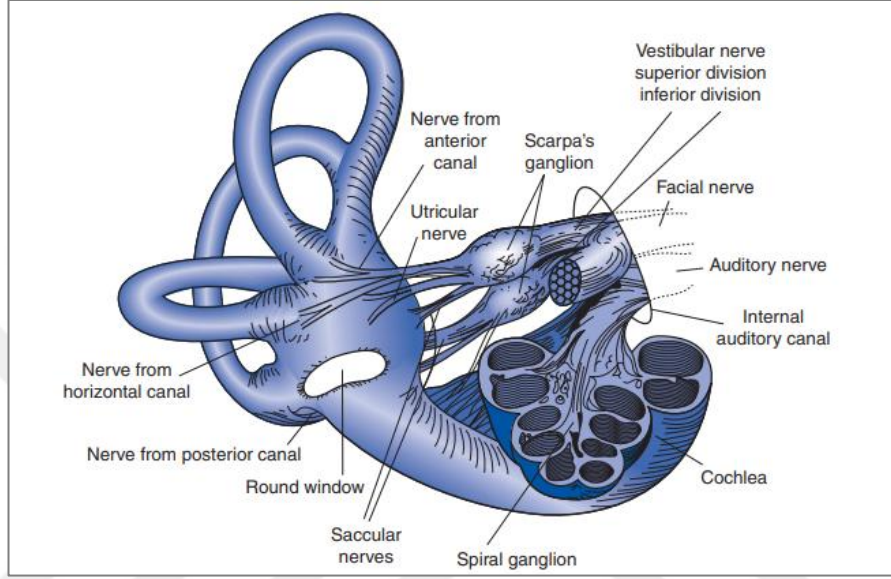


Şekil 1.5. A: Makula B: Makuladaki reseptör hücrelerin yönelimi (Dickman, 2018)

1.1.1.3. Vestibüler Sinir

İnternal akustik kanalın lateral kısmında yer alan scarpa ganglionu bipolar nöron gövdelerinden oluşur ve uç organların duyu hücrelerinden gelen afferent uyarılar tarafından aktive edilir. Gangliondan gelen aksonlar birleşerek vestibüler siniri oluşturur (Khan ve Chang, 2013; Ropper ve Samuels, 2009) (Şekil 1.6.). Vestibüler sinir superior ve inferior vestibüler sinir olmak üzere iki dala ayrılır. Superior vestibüler sinir, anterior ve lateral semisirküler kanal kristası ve utrikül makulasından çıkan sinir liflerinden; inferior vestibüler

sinir, posterior semisirküler kanal kristası ve sakkül makulasından çıkan sinir liflerinden oluşur (Gacek, 2002). Vestibüler sinir, koklear sinir ile birleşerek VIII. kranial sinir olan vestibülokoklear siniri oluşturur. Vestibülokoklear sinir, fasiyal sinir ve labirent arter ile birlikte internal akustik kanal içinden geçer ve vestibüler çekirdekler ile bağlantı kurar (Zaleski-King vd., 2019).



Şekil 1.6. Vestibüler sinir (Baloh ve Kerber, 2011)

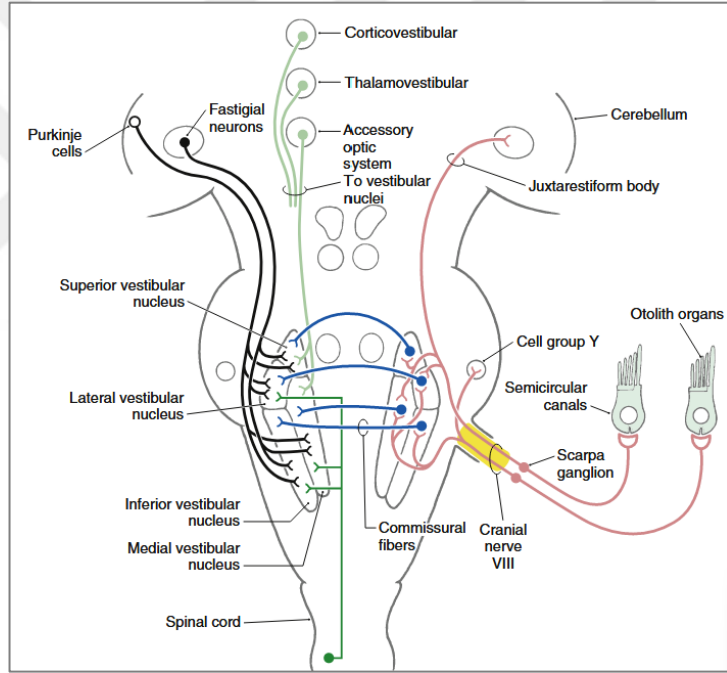
1.1.2. Santral Vestibüler Sistem Anatomi ve Fizyolojisi

Vestibüler sinir ile taşınan afferent uyarılar santral vestibüler sistemde dördüncü ventrikülün tabanında yer alan vestibüler çekirdekler ve serebelluma iletilir. Santral vestibüler sistem, iletilen bilgilerin işlenerek motor çıktıların düzenlenmesini sağlar (Lonsbury-Martin vd., 1996).

1.1.2.1. Vestibüler Çekirdekler

Vestibüler çekirdekler (nükleuslar), dördüncü ventrikülde yer alan ve ponstan medullaya uzanan yapılardır. Periferik vestibüler sistemden gelen bilgilerin santral vestibüler sistemde ilk durağı ve işlenmeye başladığı yer vestibüler çekirdeklerdir (Brodal, 1974). Superior (bechterew), medial (schwalbe), lateral (deiters) ve inferior (descending) olmak üzere 4 temel vestibüler çekirdek bulunur. Superior vestibüler çekirdek dördüncü ventrikülün rostral tabanında konumlanır ve çoğunlukla semisirküler kanal kristalarından gelen vestibüler

girdileri alır. Vestibüloöklüler refleks (VOR) için önemli bir role sahip olan superior vestibüler çekirdek, medial longitudinal fasikulus yoluyla öklüler çekirdekler ile bağlantı kurar (Fife, 2010). En büyük çekirdek olan medial vestibüler çekirdek, VOR'u düzenlemek için kristalardan gelen girdileri alır. Aynı zamanda postüral stabilitenin sağlanması için önem taşıyan vestibülospinal refleks (VSR) ile efferent bağlantılar kurarak kas tonusunun düzenlenmesinde rol oynar. Lateral vestibüler çekirdek, makuladan ve serebellumdan gelen bilgileri alır. VSR için ana çekirdek olan, lateral vestibüler çekirdekten çıkan efferentler vestibülospinal traktusu oluşturur (Fife, 2010; Hain ve Helminski, 2007). İnferior vestibüler çekirdek ise çoğunlukla makuladan girdi alır ve geniş bir afferent ağı sahiptir. Serebellum ve diğer vestibüler çekirdekler ile efferent bağlantıları vardır (Khan ve Chang, 2013). Vestibüler çekirdekler ve bağlantıları Şekil 1.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.7. Vestibüler çekirdekler ve bağlantıları (Dickman, 2018)

1.1.2.2. Vestibüloserebellum

Serebellum, vestibüler çekirdeklerle afferent ve efferent bağlantılar kurar. Vestibüler refleksler için zorunlu bir yapı olmamasına rağmen yokluğu refleks yanıtlarının uyumsuz hale gelmesine neden olur. Serebellum, vestibüloserebellum olarak adlandırılan bölümleri aracılığı ile vestibüler sistemden gelen bilgileri alır. Vestibüloserebellum, nodülüs ve flokkulusten oluşur. Flokkulus VOR kazanımını ve sürdürülmesini sağlarken, nodulus bu refleksin

zamanlamasını düzenler (Hain ve Helminski, 2007). Fastigial çekirdek ve vermisin, VSR'nin ana çekirdeği olan lateral çekirdek ile güçlü bağlantıları bulunmaktadır ve bu bağlantılar postüral stabilitenin sağlanmasında önemlidir (Kotchabhakdi ve Walberg, 1978).

1.1.3. Vestibüler Refleksler

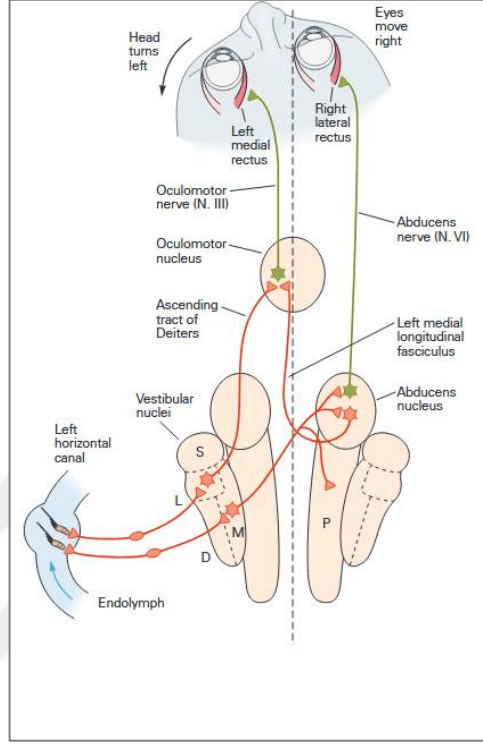
Santral vestibüler sistem, işlenen bilgilere yanıt olarak okülomotor çekirdekler ve omurilik gibi motor merkezlerle efferent bağlantılar kurar. Bu bağlantılar görüntü netliğinin sağlanması, postüral stabilite ve dengenin korunması için farklı sistemlerin uyum içerisinde çalışmasını sağlayan vestibüler refleksleri harekete geçirir (O'Reilly vd., 2019).

1.1.3.1. Vestibülooküler Refleks (VOR)

VOR, hareket sırasında görsel alanı foveada sabit tutmak için vestibüler sistemden gelen bilgiler ile oküler kasları aktive eden bir refleks arkıdır. Görüntü stabilitesi için baş hareketiyle aynı hızda fakat zıt yönde göz hareketleri oluşturur (Fetter, 2007). Baş hareketi ile vestibüler duyu reseptörleri, algılanan hareketleri santral vestibüler sisteme iletir. Burada vestibüler çekirdekler ve medial longitudinal fasikulus yoluyla, okülomotor çekirdekler ve kaslar aktive edilerek baş hareketine uyumlu göz hareketlerinin oluşması sağlanır (Bronstein ve Gresty, 1991).

VOR, periferik uç organlarla oluşturduğu refleks yollarına göre kanal-oküler ve otolit oküler refleks olarak ikiye ayrılır. Semisirküler kanalların çıktıları kanal oküler refleksi tetikler ve o kanal düzleminde bir göz hareketi oluşturur. Anterior semisirküler kanalların çıktıları, yukarı ve karşı yöne torsiyonel göz hareketi oluşturan ipsilateral superior rektus ve kontralateral inferior oblik kaslarının aktivasyonunu sağlar. Posterior semisirküler kanalların çıktıları, aşağı ve karşı yöne torsiyonel göz hareketi oluşturan ipsilateral superior oblik ve kontralateral inferior rektus kaslarının aktivasyonunu sağlar (Eggers, 2016). Lateral kanalların çıktıları ise yatay düzlemde karşı yöne göz hareketi oluşturan ipsilateral medial rektus ve kontralateral lateral rektus kaslarının uyarılmasını sağlar (Goldberg vd., 2014). Lateral semisirküler kanalın uyarılmasıyla meydana gelen kanal-oküler refleks arkı Şekil 1.8.'de gösterilmiştir.

Otolit organlardan gelen doğrusal hareket bilgisi ise otolit oküler refleksi harekete geçirir. Başın yana, öne veya arkaya doğru hareketleri sırasında devreye giren otolit oküler refleks, gözlerin yatay düzlemde dengelenmesini sağlar (Fife, 2010).

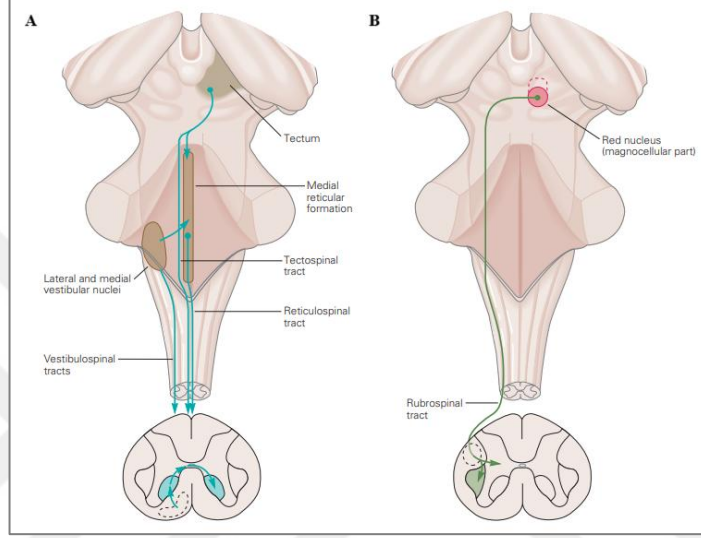


Şekil 1.8. Lateral semisirküler kanalın uyarılmasıyla meydana gelen kanal-oküler refleks arkı (Goldberg vd., 2014)

1.1.3.2. Vestibülospinal Refleks (VSR)

VSR, hareket sırasında aksiyel ve uzuv kaslarını kontrol ederek baş pozisyonunun düzenlenmesini, postüral stabilitenin ve dengenin korunmasını sağlar (Nandi ve Luxon, 2008). Duruşun korunması, yani yerçekiminin uyguladığı kuvvete karşı oluşan refleksin oluşumu otolit organların işlevine bağlıdır. Dengenin korunması için kasların kasılması ve kas tonusunun sağlanmasında ise hem otolit organlar hem de semisirküler kanallar rol oynar (Baloh ve Kerber, 2011). VSR, retikülospinal, lateral vestibülospinal ve medial vestibülospinal olmak üzere dengenin sağlanmasında önemli rol oynayan 3 yoldan oluşur. Retikülospinal yol, retiküler formasyondan, başlayarak omurilikte sonlanır. Lateral vestibülospinal yol, lateral vestibüler çekirdekten başlayarak omuriliğin ön boynuz hücrelerinde sonlanır (Zaleski-King vd., 2019). Hareket sırasında alt ekstremitelerin postüral kontrolünü sağladığı düşünülmektedir (Hain ve Helminski, 2007). Medial vestibülospinal yol ise medial vestibüler

çekirdek ile başlayan ve semisirküler kanalların algıladığı açısal hareket sinyallerinin taşındığı yoldur (Khan ve Chang, 2013). Baş ve boyun kaslarını kontrol ederek, vestibülokolik refleksle birlikte baş pozisyonunu düzenler (Hain ve Helminski, 2007). Bu yollar vestibüler sistem, serebellum ve retiküler sistem çıktılarını birleştirerek vücut hareketlerinin uyumunu sağlar (Nandi ve Luxon, 2008). Medial vestibülospinal yol ve lateral vestibülospinal yol Şekil 1.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 1.9. A: Medial vestibülospinal yol, B: Lateral vestibülospinal yol (Barrett vd., 2012)

1.1.3.3. Vestibülokolik Refleks (VKR)

VKR, hareket sırasında boyun kaslarını aktifleştirerek başın boyun üzerinde sabit kalmasını ve harekete uygun şekilde yönlendirilmesini sağlar (Hain ve Helminski, 2007). Başın stabilizasyonunu sağlamak için hareketin tersi yönde baş hareketi komutu oluşturur ve bu hareketi oluşturacak kaslar aktive edilir (Goldberg ve Cullen, 2011). Yapılan çalışmalar, VKR'nin utrikül, sakkül ve medial vestibülospinal yol ile bağlantılı olduğunu göstermektedir (Pozzo vd., 1994).

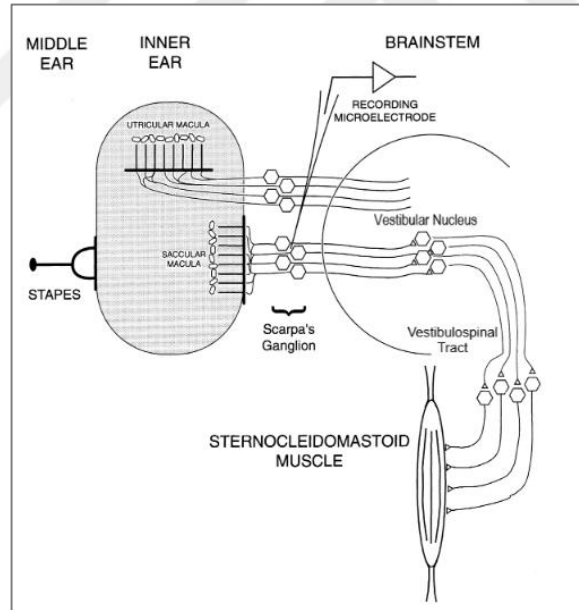
1.2. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP)

VEMP, Colebatch ve Halmagyi tarafından 1992 yılında tanımlanmış ve vestibüler sinir kesi çalışmalarıyla desteklenerek, elde edilen yanıtların vestibüler sistemden kaynaklandığı ortaya konmuştur (Colebatch ve Halmagyi, 1992). VEMP'ler, ses, titreşim veya elektriksel uyaranlar ile otolit organlar uyarılarak sternokleidomastoid (SKM), ekstraoküler ve masseter

kaslarından kaydedilen, kısa latanslı kas refleks yanıtlarıdır. VEMP testi utrikül, sakkül ve buna bağlı vestibüler refleks yollarının klinik olarak değerlendirilmesinde rol oynar (Deriu vd., 2003; Rosengren vd., 2019). Sakkül ve inferior vestibüler sinir işlevini değerlendiren, SKM kasından elde edilen refleks yanıtları servikal VEMP (Jacobson vd., 2011), masseter kasından elde edilen yanıtlar masseter VEMP (mVEMP) olarak adlandırılır (Deriu vd., 2005). Utrikül ve superior vestibüler sinir işlevini değerlendiren, inferior oblik kasından elde edilen yanıtlar ise oküler VEMP (oVEMP) olarak adlandırılır (Weber vd., 2012).

1.2.1. Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (cVEMP)

cVEMP, yüksek şiddetli uyarılara cevap olarak ipsilateral SKM kasından yüzey elektrodları ile kaydedilen refleks yanıtlarıdır. Sakkülden köken alan cVEMP, inferior vestibüler sinir, vestibüler çekirdekler ve vestibülospinal yol aracılığı ile SKM kasına kadar uzanır. Oluşan cevaplar VKR aktivasyonunun göstergesidir (Rosengren vd., 2010). cVEMP refleks arkı Şekil 1.10.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.10. cVEMP refleks arkı (Halmagyi ve Curthoys, 2007)

cVEMP testinde aktif elektrot, SKM kasının ön 1/3'lük kısmına, referans elektrot, sternuma veya her iki SKM bitiminde klavikula üzerine, toprak elektrot ise alna yerleştirilir. Test hasta sırtüst yatırılarak veya oturur pozisyonda, SKM kas kasılmasının sürekliliği sağlandığında gerçekleştirilir (Colebatch ve Rosengren, 2010; Dorbeau vd., 2021). SKM

kasının kasılmasıyla elde edilen yanıtlar, yaklaşık 13. milisaniye (ms)'de elde edilen p13 veya p1 pozitif dalga tepesi ve yaklaşık 23. ms'de elde edilen n23 veya n1 negatif dalga tepesinden oluşur (Colebatch ve Halmagyi, 1992).

Yanıtların elde edilmesi için farklı uyaran yöntemleri bulunsa da, sakkülün yüksek ses ile daha etkin uyarılması yaygın olarak hava yolu iletimli akustik uyarıların kullanılmasına neden olmaktadır (Rosengren vd., 2010; Young vd., 1977). Klik, tone burst ve chirp kullanılan akustik uyarılardır (Eleftheriadou ve Koudounarakis, 2011). Hava iletiminin sağlanması için orta kulağın normal fonksiyon göstermesi gerekir ancak iletim tipi işitme kayıplarında yeterli şiddette uyarım sağlanamayacağı için VEMP yanıtları elde edilemeyebilir. Bu gibi durumlarda ise kemik iletimli uyarılar kullanılabilir (Eleftheriadou ve Koudounarakis, 2011; Welgampola ve Colebatch, 2005).

Literatürde, yanıtların elde edildiği en iyi cVEMP uyaran frekansını tanımlamak için yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan biri, Welgampola ve Colebatch tarafından 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz tone burst uyaran kullanılarak 24-44 yaş arası 12 katılımcı ile yapılan cVEMP çalışmasıdır. Bu çalışmada 7 katılımcıda 500 Hz'de, 5 katılımcıda 1000 Hz'de en iyi yanıtlar elde edilmiştir. Aynı araştırmacılar tarafından 200 Hz ile 1000 Hz arasında 100 Hz'lik artışlarla yapılan başka bir çalışmada 600 Hz ila 1000 Hz arasında en büyük amplitüdü cevaplar elde edilmiştir (Welgampola ve Colebatch, 2001a). Yapılan başka bir çalışmada ise 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz tone burst uyaran kullanılarak 20 katılımcı değerlendirilmiş ve yine en iyi cVEMP yanıtları 500 ve 1000 Hz frekansta elde edilmiştir (Park vd., 2010). Yapılan diğer çalışmalar da bu sonuçları desteklemektedir (Akin vd., 2003; Fu vd., 2021; Murofushi vd., 1999; Rauch vd., 2004). cVEMP testinde, 500 Hz ve 1000 Hz arasında önemli bir fark bulunmamasına rağmen daha iyi yanıtların elde edilmesinden dolayı kliniklerde çoğunlukla 500 Hz tone burst uyaran kullanılmaktadır (Piker vd., 2013).

cVEMP yanıtlarını değerlendirmek için dalga varlığı, eşik, amplitüd, amplitüd asimetrisi ve latans parametreleri kullanılmaktadır. En düşük seviyede elde edilen yanıtlar cVEMP eşiği olarak adlandırılır. Sağlıklı kişilerde eşik değeri genellikle 85 desibel (dB) normalized hearing level (nHL) ve üzerinde elde edilir. Eşiklerin normal değer altına düşmesi patoloji varlığını ve vestibüler duyu organlarının sese karşı duyarlılığında bir artış olduğunu gösterir (Murofushi, 2009). Elde edilen iki dalga tepesi arasındaki yükseklik amplitüd olarak adlandırılır. cVEMP amplitüd değeri kliniklere göre değişim gösterebilse de

50-160 mikrovolt (μV) arasında elde edilmektedir (Erbek, 2019). İki kulak arasındaki amplitüd farklılıklarının yüzdesi ise amplitüd asimetri değerini verir. Bu değer %35'ten düşük olmalıdır (Welgampola ve Colebatch, 2001a). Dalgaların elde edilmemesi, amplitüdlere azalma ve amplitüd asimetrisi, sakkül veya afferentlerinin işlev bozukluğunu gösterir. Dalganın ortaya çıktığı ms ise latans olarak adlandırılır. Latanslarda uzama daha çok merkezi bozuklukların göstergesidir (McCaslin ve Jacobson, 2016). Bu gibi sonuçlar 60 yaş ve altı sağlıklı kişilerde patolojik olarak kabul edilirken, 60 yaş üstü kişilerde her zaman patoloji kaynaklı olmayabilir (Murofushi, 2009; Welgampola ve Colebatch, 2001b).

1.3. Yaşlanma ve Yaşlılık

Yaşlanma anne karnından başlayarak kişide kronolojik, biyolojik, psikolojik ve sosyal açılarda gerçekleşen değişimlerle ömür boyu devam eden bir süreçtir (Kalache, 1999). Vücudumuzdaki tüm organ ve sistemlerde oluşan geri dönüşümsüz yıpranma sürecidir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) yaşlanmayı çevresel faktörlere uyum becerisinin zamanla azalması olarak tanımlamaktadır (Can ve Aslan, 2014).

İnsan yaşamının önemli evrelerinden biri olan yaşlılık ise fiziksel ve bilişsel fonksiyonlarda yetersizliklerin başladığı, üretkenliğin azaldığı, başka kişilere bağımlılığın arttığı, birçok sağlık ve sosyal sorunların ortaya çıktığı dönemdir (Zarit ve Zarit, 2011). Kronolojik olarak bakıldığında DSÖ, 65 yaş ve üzeri kişileri yaşlı olarak kabul etmektedir. Yaşlanma tekdüze devam eden bir süreç değildir ve her döneminde farklı özellikler gösterir. Bu nedenle DSÖ, yaşlıları da kendi içinde genç yaşlı (65-74 yaş), ileri yaşlı (75-84 yaş) ve çok ileri yaşlı (85 yaş ve üzeri) olarak sınıflandırmaktadır (World Health Organization, 2001).

Sağlık ve teknoloji alanındaki gelişmeler ile yaşam süresindeki artış ve doğum oranlarındaki azalma, yaşlı nüfusun artmasına neden olmaktadır (United Nations, 2001). DSÖ verilerine bakıldığında dünyada 65 yaş üstü nüfus oranı 2010 yılında %8 iken, 2050 yılında %16'ya yükselmesi beklenmektedir (World Health Organization, 2011). Ülkemizde de yaşlı nüfus hızla artmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2025) verilerine göre 2024 yılında yaşlı nüfus oranı %10,6 iken 2030 yılında %13,5'e, 2060 yılında ise %27'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir.

Yaşlılık, gerileme dönemi olarak da bilinir. Kişide bedensel, zihinsel, psikolojik ve sosyal değişimler meydana gelir ve bu değişimler yaşantıda olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bu

dönemde vücudun bütün sistemlerinde değişimler gözlenir. Görme ve işitme yaşlılıkta en çok etkilenen duyu sistemleridir (Yerli, 2017). Yaşın ilerlemesiyle birlikte işitme sisteminde değişimler ve işlev kayıpları meydana gelir. Bu kayıplar yaşlılığa bağlı işitme kaybına yani presbiakuziye sebep olur. Özellikle her iki kulakta yüksek frekansları etkileyen, ilerleyici özellikteki kayıplardır (Yiğit vd., 2022). Yaşlanmanın etkileri iç kulak yapılarında işitmeye birlikte vestibüler sistemi de etkilemektedir. Bu süreçte baş dönmesi ve diziness gibi denge şikayetleri artar (Bruniera vd., 2015). En çok etkilenen sistemlerden biri olan görme duyusunda da yaşlılıkla birlikte kayıplar oluşmaya başlar ve gözün yapısındaki değişimler günlük faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde zorluklara yol açar (Tereci vd., 2016). Kemik yoğunluğunda ve kas kütlesinde azalma, kas iskelet sisteminde görülen hastalıklardaki artış yine yaşlılıkta görülen sorunlardandır. Bu sorunlar hareket ve motor becerilerinde azalmaya, duruş ve yürüyüşte bozulmalara sebep olur (Yerli, 2017). Ayrıca yaşlılık döneminde kas iskelet sistemiyle birlikte vestibüler ve görsel sistemin işlevindeki azalma da denge sorunlarına yol açar. Bu sorunlar postüral kontrolün azalmasıyla denge kayıplarının ve düşme riskinin artışıyla sonuçlanır (Thomas vd., 2018).

Yaşlanma süreci, bireylerin bilişsel yeteneklerinde, özellikle dil becerileri, hafıza, bilgi işleme, dikkat süresi ve odaklanma kabiliyetinde kademeli bir zayıflamaya yol açabilir (Göka ve Aydemir, 2000). Ayrıca yaşlılığın getirdiği birtakım değişimler bireyin günlük yaşantısında zorluklara yol açarak sosyal katılımını kısıtlayabilir. Bu durum duygusal ve psikolojik sorunlara yol açarak yaşam kalitesinde düşüşe neden olabilir (Yerli, 2017).

1.3.1. Yaşlanma ve Vestibüler Sistem

Yaşlanmayla birlikte insan vücudunda birçok sistemde olduğu gibi vestibüler sistemde de değişimler ve işlev kayıpları meydana gelmektedir. İç kulak, yaşlanmanın oluşturduğu etkilere karşı hassas bir yapıdır ve meydana gelen değişiklikler, yaşlı grupta vestibüler fonksiyon kaybının oluşturduğu baş dönmesi ve dengesizlik gibi şikayetlerin artmasına sebep olur (Paplou vd., 2021). Baş dönmesi şikayeti ile başvuran 65 yaş üstü 740 hastanın dahil edildiği ve baş dönmesi nedeninin araştırıldığı bir çalışmada, hastaların %21'inde baş dönmesinin belirli bir nedeni bulunurken, %79'unda yaşlanmayla birlikte meydana gelen denge kaybının (presbiastazis) sebep olduğu ortaya konmuştur (Belal ve Glorig, 1986).

Yaşın ilerlemesiyle birlikte hem periferik hem de santral vestibüler sistem yapılarında dejenerasyonlar meydana gelir. Ancak bu dejenerasyonların başlangıç yaşı farklılık

gösterebilmektedir (Jahn, 2019). Yaşlanmanın oluşturduğu değişimlerden etkilenen yapılardan biri, utrikül ve sakkül makulalarında bulunan otokonyalardır (Lins vd., 2000). Yaşın ilerlemesiyle birlikte otokonya sayısında, hacminde ve otokonyaları birbirine bağlayan liflerde azalma olduğu ve bu azalmanın sakküler makulada daha yoğun olduğu belirtilmiştir (Igarashi vd., 1993; Walther ve Westhofen, 2007). Yapılan bir çalışmada, yaşlanmayla meydana gelen sakkül otokonyalarındaki azalmaların 50 yaşından sonra başladığı belgelenmiştir (Ross vd., 1976). Sakkül makulasında utriküle göre otokonya sayısındaki azalmanın fazla olması, sakkülün temporal kemikte dik konumlanmasından kaynaklı kayba daha yatkın olmasına (Brosel ve Strupp, 2019) ve sakkülde dark hücrelerinin eksikliğinden dolayı kalsiyum tedarikinin yaşla birlikte azalmasına bağlanmıştır (Thalmann vd., 2001). Ayrıca sakkülün koklea ile bağlantısının varlığı, kokleada oluşan dejenerasyonlardan etkilenmesine ve otokonyalarda azalmaya sebep olabilir (Igarashi vd., 1993). Bu değişimler, otokonyaların makuladan koparak semisirküler kanallar içinde birikmesiyle oluşan benign paroksizmal pozisyonel vertigonun yaşlı popülasyonda sık görülmesine sebep olur (Jang vd., 2006).

Yapılan çalışmalar, vestibüler uç organlarda yaşa bağlı tüy hücre kayıplarının olduğu ve bu kayıpların 65-70 yaşları arasında başladığını ortaya koymuştur (Zalewski, 2015). Vestibüler epitel üzerinde yapılan bir çalışmada, tüy hücrelerinin 70 yaşından sonra kademeli olarak azaldığı gösterilmiştir (Rosenhall ve Rubin, 1975). Başka bir çalışmada ise semisirküler kanal kristalarında tüy hücre kayıplarının 50-60 yaş gibi daha erken bir yaş aralığında başladığı tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmada, sakkül makulasında %24, utrikül makulasında %21 ve kristada %40 tüylü hücre kaybı varlığı tanımlanarak kristadaki tüy hücrelerinin makulaya göre daha çok etkilendiği ortaya konmuştur (Rosenhall, 1973). Anniko (1983), yaptığı çalışmada yaşın ilerlemesiyle krista tüy hücrelerindeki azalmanın daha fazla olduğunu desteklemiştir. Hem tip I hem de tip II tüylü hücreler yaşa bağlı değişimlerden etkilenmektedir ancak değişim oranları birbirinden farklıdır. Makula ve kristada tip I tüylü hücrelerin yaşa bağlı etkileniminin tip II tüylü hücrelerden daha fazla olduğu bildirilmiştir. Ayrıca kristada yer alan tip I tüylü hücrelerin makulaya göre daha fazla dejenerasyona uğradığı ve merkezi bölgedeki kaybın perifere göre daha çok olduğu belirtilmiştir (Anniko, 1983; Merchant vd., 2000; Rauch vd., 2001). Tip I tüylü hücrelerin filogenetik olarak daha genç ve farklılaşmış olmaları, apikal konumlarından dolayı şekil ve yapı bütünlüklerini koruma konusunda daha hassas olmaları, tip II tüylü hücrelere göre dejenerasyon oranının fazla olmasına sebep olmaktadır (Anniko, 1983).

Vestibüler sinir hücre gövdelerinin yer aldığı scarpa ganglionları da ilerleyen yaşın etkileri altındadır. Yapılan çalışmalarda ganglion hücre sayısında ve yoğunluğunda bir azalma gözlenirken (Park vd., 2001; Richter, 1980; Velázquez-Villaseñor vd., 2000), Richert, bu azalmanın 60 yaşından sonra hızlandığını bildirmiştir. Yine aynı çalışmada tüy hücrelerindeki bozulmaların ganglion hücrelerindeki azalmadan önce gerçekleştiği gözlenmiştir (Richert, 1980). Uç organlarla bağlantılı sinir liflerinin sayısında da 75 ila 85 yaşları arasında yaklaşık %37 azalma olduğu belirtilmiştir (Bergström, 1973).

Yapılan bir çalışmada, vestibüler çekirdeklerde nöron kayıplarının yaşla birlikte arttığı ve 40 ila 90 yaşları arasında, her on yılda %3 oranında azalma olduğu gösterilmiştir. Bu kayıptan medial vestibüler çekirdeklerin en az etkilendiği de ortaya konulmuştur (Lopez vd., 1997). Alvarez ve arkadaşları ise yaptığı çalışmada, 89 yaşındaki bireylerde vestibüler çekirdeklerdeki kaybın %40 civarında olduğunu ve medial vestibüler çekirdeğin daha çok etkilendiğini belirtmişlerdir (Alvarez vd., 1998). Periferik vestibüler sistemde meydana gelen değişimler merkezi sistemdeki kompanzasyon mekanizması ile telafi edilebilmektedir. Ancak yaşlanma, sinir lifleri, ganglion hücreleri gibi daha ileri merkezleri etkilemeye başladığında, telafi edici mekanizmada da bozulmalar meydana gelmektedir (Giardino vd., 2002; Jahn vd., 2003).

Yaşlanma ile oluşan periferik ve santral vestibüler sistemdeki işlev kayıpları, bakış ve postüral stabiliteyi etkileyerek denge kayıplarına, baş dönmesi ve düşme riskinin artmasına sebep olabilir. Bu değişimler vestibüler test bataryalarına yansiyarak yaşlanmanın etkilerini ortaya koymaktadır (Agrawal vd., 2012).

1.4. Yaşlanma ve cVEMP

VEMP'ler hayatın tüm evrelerinde kaydedilebilir ancak yaşlanmayla birlikte meydana gelen değişimler ve dejenerasyonlar VEMP parametrelerini etkilemekte ve elde edilen cevapların azalması ya da yokluğuyla sonuçlanmaktadır (Piker vd., 2013). Yapılan çalışmalarda yaşın artışıyla birlikte cVEMP yanıt eşiklerinde bir artış olduğu bildirilmiştir (Maleki vd., 2014; Ochi ve Ohashi, 2003; Welgampola ve Colebatch, 2001b). Ayrıca artan yaş ile birlikte yanıt oranlarında da bir azalma gösterilmiştir (Janky ve Shepard, 2009; Li vd., 2015; Piker vd., 2015). Janky ve Shepard tarafından yapılan çalışmada, bu oranın 20- 60 yaş arasında %95 ila %100 iken, 60 yaş üzerindeki kişilerde %90'a düştüğü bildirilmiştir (Janky ve Shepard, 2009). Su ve arkadaşları ise, 60 yaş üstü sağlıklı bireylerde 500 Hz tone burst

uyaranda, yaklaşık %40 oranında cVEMP yanıt yokluğu gözlemiştir (Su vd., 2004). Yaşlanma ile oluşan bu yokluk, VEMP refleksi yolağında oluşan bir dejenerasyondan kaynaklanabileceği gibi, uyaran çeşidi veya uyaran seviyesi gibi kullanılan parametrelerden de kaynaklanabilir (Piker vd., 2013).

cVEMP amplitüdünde azalma, yaşlanmayla birlikte en çok görülün değişikliklerden biridir. Yaşlanma ile vestibüler sistemde meydana gelen hücre ve nöron yapılarındaki değişimler ve kayıplar, amplitüdlere azalmaya sebep olmaktadır (Mandal ve Barman, 2010). Yapılan birçok çalışma bu azalmayı desteklemektedir (Brantberg vd., 2007; Lee vd., 2008; Ochi ve Ohashi, 2003; Zapala ve Brey, 2004). Ayrıca amplitüdlere azalmanın, 60 yaşından sonra önemli derecede arttığı da bildirilmiştir (Basta vd., 2005; Su vd., 2004; Welgampola ve Colebatch, 2001b). cVEMP amplitüdü, elektromiyogram (EMG) seviyesi ile orantılıdır ve SKM kas tonusundaki azalma amplitüdün azalmasına sebep olabilir. Ancak yaşlanma ile ilgili yapılan VEMP çalışmalarında yeterli kas aktivasyonu sağlandığı için amplitüdlere azalma, yaşlanmayla birlikte EMG seviyesindeki azalmadan ziyade yaşlanmanın vestibüler sistem üzerinde oluşturduğu değişimlere bağlanmıştır (Akin vd., 2011; Ochi ve Ohashi, 2003). Yaşlanmanın amplitüd üzerindeki etkisine rağmen, iki kulak arasında asimetri oranlarında önemli bir farklılık oluşturmadığı gözlenmiştir (Lee vd., 2008; Maleki vd., 2014; Ochi ve Ohashi, 2003).

Literatüre bakıldığında, yaşın cVEMP latansı üzerine etkisiyle ilgili farklı sonuçlar mevcuttur. Yapılan bazı çalışmalarda, yaşla birlikte latansta herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir (Basta vd., 2005; Janky ve Shepard, 2009; Kumar vd., 2018). Ancak p13 ve n23 latanslarının her ikisinin de yaşın ilerlemesiyle artış gösterdiği çalışmalar da mevcuttur (Brantberg vd., 2007; Lee vd., 2008; Singh vd., 2014; Zapala ve Brey, 2004). Welgampola ve Colebatch, n23 latansında uzama elde etmiş ancak bu uzama ile yaş arasında zayıf korelasyon bulmuştur (Welgampola ve Colebatch, 2001b). Maleki ve arkadaşları ise p13 dalga latansında yaşla birlikte anlamlı bir fark elde etmiştir. Latanstaki bu uzama, merkezi iletim ve VEMP refleksi aktivasyonu için geçen sürenin, yaş artışıyla birlikte değişimine bağlanmıştır (Maleki vd., 2014).

Yaşın cVEMP frekansı üzerinde de etkisi olduğu yapılan farklı çalışmalarla gösterilmiştir. Piker ve arkadaşları farklı yaş grupları ile yaptıkları çalışmada, 60 yaş ve üstü kişilerde en iyi yanıtların elde edildiği frekansın 750 Hz veya 1000 Hz'e kaydığı bildirilmiştir (Piker vd., 2013). Yine Atabek yaptığı çalışmada bu bulguları desteklemiştir (Atabek, 2020).

Yaşlanmayla birlikte vestibüler sistemde değişimler meydana gelir. Bu değişimler, eşikte artış, yanıt oranında ve amplitüdlerde azalma, latansta uzama gibi farklı cVEMP sonuçları ortaya çıkarmaktadır (Lee vd., 2008). Maküler kütlede azalma ya da stereosilyaların sertliğinin artması rezonans frekansının artmasına ve cVEMP yanıtlarının elde edildiği frekansın daha yüksek frekanslara kaymasına neden olur (Fettiplace ve Fuchs, 1999). Yaşlanma ile meydana gelen cVEMP cevaplarında azalma veya yokluk, patoloji kaynaklı olabileceği gibi kullanılan parametrelerden de kaynaklanabileceği unutulmamalıdır (Piker vd., 2013). Bu nedenle VEMP arkında bir patolojiyi tanılamadan önce yaş faktörü göz önünde bulundurulmalı ve yaş grupları için uygun normatifler belirlenmelidir (Maleki vd., 2014; Singh vd., 2014).

Çalışmamızda yaşlı grupta tone burst uyaranda 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekansları karşılaştırarak, en iyi cVEMP yanıtlarının elde edildiği frekansı tanımlamak ve uyarın kaynaklı cevap yokluğunu en aza indirmek amaçlanmıştır. Ayrıca yaşlı popülasyonda uygun prosedürün kullanılmasını ve elde edilen yanıtların yaşa bağlı değişiklikler göz önünde bulundurularak yorumlanmasını sağlamak hedeflenmiştir. Buna bağlı olarak yaşlı grupta, vestibüler patolojilerin tanısında VEMP test bataryasının duyarlılığında artış olması beklenmektedir.

Çalışmanın amaçları doğrultusunda oluşturulan hipotezler:

1. H0: Yaşlı grup ile yetişkin grupta tone burst uyarınla elde edilen cVEMP yanıt oranları, amplitüd ve latans değerleri karşılaştırıldığında, iki grup arasında fark yoktur.
H1: Yaşlı grup ile yetişkin grupta tone burst uyarınla elde edilen cVEMP yanıt oranları, amplitüd ve latans değerleri karşılaştırıldığında, iki grup arasında fark vardır.
2. H0: Yaşlı grupta, tone burst uyarınla 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda elde edilen cVEMP yanıt oranları, amplitüd ve latans değerleri karşılaştırıldığında, frekanslar arasında fark yoktur.
H1: Yaşlı grupta, tone burst uyarınla 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda elde edilen cVEMP yanıt oranları, amplitüd ve latans değerleri karşılaştırıldığında, frekanslar arasında fark vardır.

2. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu tarafından 20.02.2025 tarihinde değerlendirilmiş ve İ02-116-25 karar numarası ile etik kurul onayı alınmıştır (Ek-1). Onayı alınan çalışma, Ankara Üniversitesi İbni Sina Hastanesi, Odyoloji, Denge ve Konuşma Bozuklukları Tanı ve Rehabilitasyon Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Katılımcılara çalışma hakkında detaylı bilgilendirme yapıldıktan sonra onam formu imzalatılmış ve demografik bilgi formu doldurulmuştur.

2.1. Katılımcılar

Çalışma, Ankara Üniversitesi İbni Sina Hastanesi, Odyoloji, Denge ve Konuşma Bozuklukları Tanı ve Rehabilitasyon Merkezi'ne başvuran 18-84 yaş arası, dahil edilme kriterlerine uyan katılımcılar ile yürütülmüştür. DSÖ sınıflandırması göz önünde bulundurularak katılımcılar, 18-64 yaş arası yetişkin ve 65-84 yaş arası yaşlı olarak iki gruba ayrılmıştır. Yetişkin ve yaşlı grupta 30'ar kişi olmak üzere toplam 60 kişi çalışmaya dahil edilmiştir. Yaşlı grupta beş kişide tonik SKM kas aktivasyonu sağlanamadığı için çalışmaya dahil edilmemiştir.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri;

- 18- 84 yaş arasında olmak,
- Otoskopik muayenesi normal olmak,
- Tip A timpanogram ve normal akustik refleks sonucuna sahip olmak,
- Odyolojik tetkik sonucunda iletim tipi veya mikst tip işitme kaybına sahip olmamak,
- Geçmiş ya da mevcut baş dönmesi veya dengesizlik şikayetleri olmamak,
- Otolojik, nörolojik ve metabolik hastalıklara sahip olmamak,
- Daha önce geçirilmiş herhangi bir otolojik veya nörotolojik cerrahi hikayesi bulunmamak,
- Herhangi bir kas hastalığına sahip olmamak,
- Kafa travması ve boyun problemleri olmamak,
- Son bir hafta içerisinde kas gevşetici ilaç kullanmış olmamak,
- Bilişsel ve zihinsel bir problemi olmamak,

- Gönüllü olarak araştırmaya katılmak isteyip bilgilendirilmiş onam formunu imzalamak

Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri;

- Dahil edilme kriterlerini sağlamamak,
- Araştırmaya katılmak için gönüllü olmamak.

2.2. Verilerin Toplanması ve Veri Toplama Araçları

Kulak burun boğaz hekimi tarafından otolojik muayenesi yapılarak, Odyoloji, Denge ve Konuşma Bozuklukları Tanı ve Rehabilitasyon Ünitesi'ne yönlendirilen 18-84 yaş arası bireyler değerlendirmeye alınmıştır. Çalışma hakkında bilgilendirilen bireyler, çalışmaya katılmayı kabul etmesi durumunda bilgilendirilmiş onam formu imzalatılmış ve ayrıntılı öykü alınarak demografik bilgi formu doldurulmuştur. Bu işlemler sonrasında, katılımcılara sırasıyla timpanometri ve akustik refleks testi, saf ses odyometri testi ve son olarak cVEMP testi uygulanmıştır.

2.2.1. Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu

Onam formu, çalışmanın ne amaçla yapıldığını aktarmak, katılımcıya yapılacak testler, uygulaması ve süreleri hakkında detaylı bilgi vermek, katılımcının gönüllü olarak çalışmaya katıldığını ve elde edilen verilerin kullanılmasını kabul ettiğini yazılı olarak bildirmesi amacıyla hazırlanmış bir formdur (Ek-2).

2.2.2. Demografik Bilgi Formu

Katılımcının çalışmaya uygunluğunu değerlendirmek için hazırlanmış, detaylı öykü alınarak dahil edilme kriterlerinin sorgulandığı formdur. Bu formda yaş, cinsiyet gibi sorularla birlikte test sonuçlarını etkileyebilecek işitme ve denge kaybı, otolojik, nörolojik ve metabolik hastalıklar, boyun problemleri ve geçirilen cerrahi işlemler gibi sorular da mevcuttur (Ek-3).

2.2.3. İmmitansmetrik Değerlendirme

Odyolojik değerlendirme için ilk olarak katılımcılara timpanometri testi yapılmıştır. GSI TympStar Pro (Grason-Stadler Inc., MN, ABD) İmmitansmetre cihazıyla 226 Hz prob ton kullanılarak, +200 ile -400 daPa arasında orta kulak basıncı ve komplians değerlendirilmiştir. Jerger sınıflandırması referans alınarak değerlendirilen sonuçlarda, normal orta kulak fonksiyonuna sahip (Tip A timpanogram) katılımcılar belirlenmiştir (Jerger, 1970). Timpanometri testi sonrasında, 500 ile 4000 Hz arasında akustik refleks ölçümü yapılmıştır.

2.2.4. Saf Ses Odyometri Testi

Katılımcılar, immitansmetrik değerlendirme sonrasında saf ses odyometri testi için sessiz kabine alınmıştır. Interacoustics AC-40 (Interacoustics A/S, Danimarka) klinik odyometre cihazı ile hava ve kemik yolu işitme eşikleri değerlendirilmiştir. Hava yolu eşikleri, TDH-39 supraaural kulaklık kullanılarak, 125 Hz ile 8000 Hz frekans aralığında, kemik yolu eşikleri ise RadioEar B-71 kemik vibratör kullanılarak, 500 Hz ile 4000 Hz frekans aralığında ölçüm yapılarak belirlenmiştir. Hava ve kemik yolu eşiklerinin (500, 1000, 2000 ve 4000 Hz) ortalaması alınarak saf ses ortalaması hesaplanmıştır. Saf ses ortalaması 15 dB ve daha iyi, yani normal işitmeye sahip (Clark, 1981) veya iletim tipi ya da mikst tip işitme kaybı bulunmayan katılımcılar çalışmaya dahil edilmiştir.

2.2.5. cVEMP Testi

İmmitansmetrik değerlendirme ve saf ses odyometri testi sonrası dahil edilme kriterlerine uyan katılımcılar cVEMP testine alınmıştır. cVEMP testi, Interacoustic Eclipse EP25 (Interacoustics A/S, Danimarka) cihazı kullanılarak ve katılımcı sedye üzerinde, oturur konumda gerçekleştirilmiştir. İlk olarak katılımcı test hakkında bilgilendirilmiş ve cihaz üzerinde kaydı yapılmıştır. Sonrasında yüzey elektrotların yerleştirileceği bölgeler temizleyici jel ile temizlenmiştir. Her katılımcı için 4 elektrot kullanılmış ve aktif elektrot SKM kasının 1\3'lük kısmına, referans elektrot sternuma, toprak elektrot ise alna yerleştirilmiştir. Elektrot empedanslarının 5 kiloohm altında olması durumunda dış kulak yoluna ses iletimini sağlayan RadioEar IP30 insert kulaklık yerleştirilmiştir.

Test sırasında katılımcılardan başını çevirerek SKM kasını kasmaı istenmiştir. Kas aktivasyonunun yeterliliğinin ve sürekliliğinin sağlanması için EMG göstergesi 50 μ V ile 150

μ V aralığında ayarlanmış ve kasılma seviyesinin bu iki μ V arasında kalmasına dikkat edilmiştir. cVEMP elektrot yerleşimi ve baş pozisyonu Şekil 2.1’de gösterilmiştir. cVEMP testi için uyaran parametreleri, rarefaction polarite, 5.1/sn rate oranı, 1-1000 Hz filtre ve 100 dB nHL uyaran şiddeti olarak ayarlanmıştır. Tone burst uyaranda 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslar kullanılarak cVEMP testi uygulanmıştır. Kullanılan 3 farklı frekanstaki uyaranlar, her katılımcıya farklı sıralamalarda sunulmuş ve her frekans arasında 2 dakika beklenerek kas yorgunluğunun oluşturabileceği etkiler dışlanmıştır. Her iki kulak için de 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda ölçüm yapıldıktan sonra elde edilen P1 latans, N1 latans, P1-N1 interlatans, P1-N1 dalga amplitüdü ve amplitüd asimetri oranı analiz edilerek cVEMP testi tamamlanmıştır.



Şekil 2.1. cVEMP elektrot yerleşimi ve baş pozisyonu

2.3. İstatistiksel Analiz

Çalışmamızda örneklem büyüklüğü, G-Power 3.1 programı kullanılarak (istatistiksel güç: %95, alfa hatası: 0.05, etki büyüklüğü: 1.04) hesaplanmış ve toplam 52 kişi olarak belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen verilerin analizi, IBM Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) v 27 istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır. Sürekli değişkenler, ortalama (ort), standart sapma (SS), medyan, minimum (min) ve maksimum (maks) değerleri kullanılarak, kategorik değişkenler ise sayı (n) ve yüzde (%) değerleri kullanılarak sunulmuştur. Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilk testleriyle incelenmiştir. Değişkenlerde normal dağılım gözlemlendiği için

parametrik test yöntemleri kullanılmıştır. İkili grup karşılaştırmaları için Bağımsız Örneklem T Testi, ikiden fazla grup karşılaştırmaları için Tek Yönlü ANOVA kullanılmıştır. Post-Hoc (ikili karşılaştırma) analizinde Bonferroni düzeltmesi uygulanmıştır. Ayrıca Pearson Korelasyon Testi kullanılarak korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon katsayısı (r), zayıf (0-0,24), orta (0,25-0,49), güçlü (0,50-0,74) ve çok güçlü (0,75-1,0) olarak yorumlanmıştır. Analizler sonucunda elde edilen p değerleri 0,05'in altında ($p < 0,05$) olduğu durumlarda, istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.



3. BULGULAR

3.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Çalışma, 18-84 yaş arası, dahil edilme kriterlerini sağlayan, toplam 60 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar, 18-64 yaş arası yetişkin grup ve 65-84 yaş arası yaşlı grup olarak iki gruba ayrılmıştır. Gruplara ait cinsiyet ve yaş bilgileri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Gruplara ait cinsiyet ve yaş bilgileri

	Yetişkin Grup	Yaşlı Grup	
	Cinsiyet n (%)		p
Kadın	15 (50)	14 (46,7)	
Erkek	15 (50)	16 (53,3)	0,796
	Yaş Ort ± SS (Min – Maks)		
Kadın	35,40±17,84 (18-64)	73,35±5,35 (65-83)	<0,001*
Erkek	46,00±15,98 (19-64)	73,43±4,77 (66-82)	<0,001*
Toplam	40.70±17.50 (18-64)	73.40±5.01 (65-83)	<0,001*

n: Sayı; %: Yüzde; Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; Min: Minimum; Maks: Maksimum; *p<0,05

Çalışmada yer alan her iki grup da 30 katılımcıdan oluşmaktadır. Yetişkin gruptaki katılımcıların, 15'i (%50) kadın, 15'i (%50) erkek; yaşlı gruptaki katılımcıların, 14'ü (%46,7) kadın, 16'sı (%53,3) erkektir. Yetişkin ve yaşlı grup arasında, cinsiyet dağılımlarına göre istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmemiştir (p>0,05).

Grupların yaş ortalamalarına bakıldığında, toplam yaş ortalamaları yetişkin grupta 40.70±17.50, yaşlı grupta ise 73.40±5.01'dir. Yetişkin gruptaki kadınların yaş ortalaması 35,40±17,84 olup erkeklerin yaş ortalaması 46,00±15,98'dir. Yaşlı grupta ise kadınların yaş ortalaması 73,35±5,35, erkeklerin yaş ortalaması 73,43±4,77'dir. İki grupta da kadınların yaş ortalaması ile erkeklerin yaş ortalaması arasında anlamlı fark gözlenmezken (p>0,05), gruplar arasında yaş dağılımları incelendiğinde, istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmiştir (p<0,05).

Yetişkin ve yaşlı grupta yer alan bireylerin her iki kulağı da tone burst uyaranda 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda cVEMP testi ile değerlendirilmiştir. cVEMP değerlendirmesi

için kullanılan parametreler; P1 latans, N1 latans, P1-N1 interlatans, P1-N1 dalga amplitüdü ve amplitüd asimetri oranıdır. Yetişkin grupta, 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda elde edilen cVEMP yanıtları Çizelge 3.2.'de ve yaşlı grupta, 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda elde edilen cVEMP yanıtları Çizelge 3.3.'te verilmiştir.

Çizelge 3.2. Yetişkin grupta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda elde edilen cVEMP yanıtları

Yetişkin Grup			
	Parametreler	Ort ± SS	Medyan (Min – Maks)
SAĞ 500 Hz	P1 Latans (ms)	15,66 ± 0,93	15,84 (13,0 – 17,67)
	N1 Latans (ms)	24,31 ± 1,84	24,67 (17,33 – 26,67)
	P1-N1 İnterlatans (ms)	8,66 ± 1,51	8,84 (4,33 – 11,33)
	P1-N1 Amplitüd (µV)	89,2 ± 45,06	77,15 (33,23 – 216,1)
SOL 500 Hz	P1 Latans (ms)	15,67 ± 1,01	15,84 (12,67 – 17,0)
	N1 Latans (ms)	23,84 ± 1,68	24,17 (20,0 – 26,0)
	P1-N1 İnterlatans (ms)	8,14 ± 1,25	8,0 (5,33 – 10,33)
	P1-N1 Amplitüd(µV)	84,88 ± 40,84	69,79 (32,91 – 200,0)
	Amplitüd Asimetri Oranı 500 Hz	0,13 ± 0,09	0,13 (0,01 – 0,33)
SAĞ 750 Hz	P1 Latans (ms)	14,59 ± 1,01	14,67 (12,67 – 16,33)
	N1 Latans (ms)	22,94 ± 1,34	22,84 (20,33 – 25,67)
	P1-N1 İnterlatans (ms)	8,36 ± 1,24	8,33 (6,0 – 11,33)
	P1-N1 Amplitüd (µV)	84,1 ± 38,9	70,26 (33,43 – 186,8)
SOL 750 Hz	P1 Latans (ms)	14,65 ± 0,93	14,67 (13,0 – 16,67)
	N1 Latans (ms)	22,41 ± 1,19	22,5 (19,33 – 24,67)
	P1-N1 İnterlatans (ms)	7,77 ± 1,17	7,67 (5,33 – 9,67)
	P1-N1 Amplitüd (µV)	85,71 ± 45,83	72,19 (37,76 – 256,9)
	Amplitüd Asimetri Oranı 750 Hz	0,14 ± 0,1	0,14 (0,01 – 0,32)
SAĞ 1000 Hz	P1 Latans (ms)	13,91 ± 1,27	14,0 (11,33 – 16,67)
	N1 Latans (ms)	21,98 ± 1,27	22,0 (19,33 – 25,67)
	P1-N1 İnterlatans (ms)	8,07 ± 1,35	7,84 (6,0 – 10,67)
	P1-N1 Amplitüd (µV)	70,35 ± 27,35	67,66 (30,3 – 146,5)
SOL 1000 Hz	P1 Latans (ms)	14,05 ± 1,26	14,0 (12,33 – 16,67)
	N1 Latans (ms)	21,46 ± 1,3	21,67 (18,67 – 23,33)
	P1-N1 İnterlatans (ms)	7,41 ± 1,45	7,5 (4,67 – 9,67)
	P1-N1 Amplitüd (µV)	63,3 ± 27,95	52,55 (30,34 – 155,5)
	Amplitüd Asimetri Oranı 1000 Hz	0,12 ± 0,08	0,13 (0,0 – 0,34)

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; Min: Minimum; Maks: Maksimum

Çizelge 3.3. Yaşlı grupta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda elde edilen cVEMP yanıtları

Yaşlı Grup			
	Parametreler	Ort ± SS	Medyan (Min – Maks)
SAĞ 500 Hz	P1 Latans (ms)	21,37 ± 4,46	20,33 (14,67 – 32,33)
	N1 Latans (ms)	29,99 ± 3,65	29,0 (25,33 – 39,67)
	P1-N1 İnterlatans (ms)	8,69 ± 2,66	9,0 (3,33 – 15,0)
	P1-N1 Amplitüd (µV)	33,05 ± 11,33	31,84 (18,4 – 55,82)
SOL 500 Hz	P1 Latans (ms)	22,66 ± 5,11	20,34 (16,67 – 35,0)
	N1 Latans (ms)	30,58 ± 4,14	29,34 (25,67 – 41,33)
	P1-N1 İnterlatans (ms)	7,94 ± 1,96	7,84 (3,67 – 12,33)
	P1-N1 Amplitüd (µV)	33,93 ± 8,7	34,17 (17,2 – 50,49)
	Amplitüd Asimetri Oranı 500 Hz	0,1 ± 0,09	0,06 (0,0 – 0,3)
SAĞ 750 Hz	P1 Latans (ms)	19,82 ± 4,32	19,5 (13,33 – 29,67)
	N1 Latans (ms)	28,49 ± 3,91	27,0 (24,0 – 40,0)
	P1-N1 İnterlatans (ms)	8,3 ± 1,91	8,33 (3,67 – 12,33)
	P1-N1 Amplitüd (µV)	43,13 ± 9,98	42,93 (25,69 – 66,5)
SOL 750 Hz	P1 Latans (ms)	20,27 ± 4,41	19,5 (14,0 – 32,0)
	N1 Latans (ms)	28,73 ± 3,48	28,33 (23,33 – 38,33)
	P1-N1 İnterlatans (ms)	8,47 ± 2,36	8,5 (4,0 – 12,67)
	P1-N1 Amplitüd (µV)	43,07 ± 12,1	41,66 (26,38 – 67,62)
	Amplitüd Asimetri Oranı 750 Hz	0,08 ± 0,08	0,05 (0,01 – 0,25)
SAĞ 1000 Hz	P1 Latans (ms)	19,33 ± 4,41	18,67 (13,0 – 30,67)
	N1 Latans (ms)	27,51 ± 3,75	26,84 (22,33 – 36)
	P1-N1 İnterlatans (ms)	7,84 ± 2,29	7,5 (3,0 – 13,33)
	P1-N1 Amplitüd (µV)	45,63 ± 12,12	41,78 (28,85 – 69,46)
SOL 1000 Hz	P1 Latans (ms)	19,41 ± 3,7	19,0 (14,0 – 28,0)
	N1 Latans (ms)	27,65 ± 3,42	27,0 (22,33 – 35,67)
	P1-N1 İnterlatans (ms)	8,24 ± 2,35	8,16 (3,0 – 12,67)
	P1-N1 Amplitüd (µV)	44,11 ± 11,78	42,32 (25,11 – 70,6)
	Amplitüd Asimetri Oranı 1000 Hz	0,13 ± 0,1	0,11 (0,0 – 0,35)

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; Min: Minimum; Maks: Maksimum

3.2. Gruplar Arası cVEMP Sonuçlarının Karşılaştırılması

Çalışmada her iki grup için 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda cVEMP yanıt oranları değerlendirilmiştir. Yanıt oranları, her frekans için yanıtların sağlandığı bireylerin yüzdesi olarak tanımlanmıştır. Yetişkin grup ve yaşlı grup cVEMP yanıt oranları Çizelge 3.4.'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Yetişkin grup ve yaşlı grup cVEMP yanıt oranları

	Yetişkin Grup			Yaşlı Grup		
Frekans (Hz)	500	750	1000	500	750	1000
Yanıt Oranı	100%	100%	100%	93%	100%	100%

%%: Yüzde

Elde edilen yanıt oranlarına bakıldığında yetişkin grupta tüm frekanslarda yanıt oranları %100 elde edilmiştir. Yaşlı grupta ise, 750 Hz ve 1000 Hz’de yanıt oranları %100 elde edilirken 500 Hz’de %93 olarak elde edilmiştir. Yani 500 Hz frekansta 30 katılımcıdan 28’inde cVEMP yanıtları gözlenmiştir. Bu nedenle, yaşlı grupta 500 Hz frekansta yapılan analizler 28 katılımcı üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Yetişkin ve yaşlı grupta yer alan katılımcıların üç frekansta sağ ve sol kulak cVEMP değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirmede, P1 latans, N1 latans, P1-N1 interlatans, P1-N1 dalga amplitüdü ve amplitüd asimetri oranı incelenmiştir. Yetişkin grup ve yaşlı grup 500 Hz cVEMP sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 3.5.’te, 750 Hz frekansta karşılaştırılması Çizelge 3.6.’da ve 1000 Hz frekansta karşılaştırılması Çizelge 3.7.’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Yetişkin grup ve yaşlı grup 500 Hz cVEMP sonuçlarının karşılaştırılması

		Yetişkin Grup	Yaşlı Grup	
	Parametreler	Ort ± SS	Ort ± SS	p
SAĞ 500 Hz	P1 Latans(ms)	15,66 ± 0,93	21,37 ± 4,46	<0.001*
	N1 Latans (ms)	24,31 ± 1,84	29,99 ± 3,65	<0.001*
	P1-N1 İnterlatans(ms)	8,66 ± 1,51	8,69 ± 2,66	0,952
	P1-N1 Amplitüd(μV)	89,2 ± 45,06	33,05±11,33	<0.001*
SOL 500 Hz	P1 Latans(ms)	15,67 ± 1,01	22,66 ± 5,11	<0.001*
	N1 Latans(ms)	23,84 ± 1,68	30,58 ± 4,14	<0.001*
	P1-N1 İnterlatans(ms)	8,14 ± 1,25	7,94 ± 1,96	0,640
	P1-N1 Amplitüd(μV)	84,88 ± 40,84	33,93 ± 8,7	<0.001*
	Amplitüd Asimetri Oranı	0,13 ± 0,09	0,1 ± 0,09	0,201

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; *p<0,05

Her iki grupta yapılan 500 Hz cVEMP sonuçları karşılaştırıldığında, sağ ve sol kulakta P1 latans, N1 latans ve P1-N1 amplitüd değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilirken (p<0,05), P1-N1 interlatans ve amplitüd asimetri oranında istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmemiştir (p>0,05). Anlamlı sonuçlara bakıldığında, her iki kulak için de P1 latans ve N1 latans değerleri yaşlı grupta daha geç, P1-N1 amplitüd değerleri ise yetişkin grupta daha büyük elde edilmiştir.

Çizelge 3.6. Yetişkin grup ve yaşlı grup 750 Hz cVEMP sonuçlarının karşılaştırılması

	Parametreler	Yetişkin Grup	Yaşlı Grup	p
		Ort ± SS	Ort ± SS	
SAĞ 750 Hz	P1 Latans(ms)	14,59 ± 1,01	19,82 ± 4,32	<0.001*
	N1 Latans (ms)	22,94 ± 1,34	28,49 ± 3,91	<0.001*
	P1-N1 İnterlatans(ms)	8,36 ± 1,24	8,3 ± 1,91	0,892
	P1-N1 Amplitüd(μV)	84,1 ± 38,9	43,13 ± 9,98	<0.001*
SOL 750 Hz	P1 Latans(ms)	14,65 ± 0,93	20,27 ± 4,41	<0.001*
	N1 Latans (ms)	22,41 ± 1,19	28,73 ± 3,48	<0.001*
	P1-N1 İnterlatans(ms)	7,77 ± 1,17	8,47 ± 2,36	0,154
	P1-N1 Amplitüd(μV)	85,71 ± 45,83	43,07 ± 12,1	<0.001*
Amplitüd Asimetri Oranı		0,14 ± 0,1	0,08 ± 0,08	0,016*

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; *p<0,05

Elde edilen 750 Hz cVEMP sonuçları incelendiğinde, sağ ve sol kulakta P1 latans, N1 latans, P1-N1 amplitüd değerleri ve amplitüd asimetri oranı istatistiksel olarak anlamlı elde edilmiştir (p<0,05). Her iki kulakta da P1 latans ve N1 latans değerleri yaşlı grupta geç elde edilirken P1-N1 amplitüd değerleri ve amplitüd asimetri oranı yetişkin grupta daha büyük elde edilmiştir. P1-N1 interlatans değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmemiştir (p>0,05).

Çizelge 3.7. Yetişkin grup ve yaşlı grup 1000 Hz cVEMP sonuçlarının karşılaştırılması

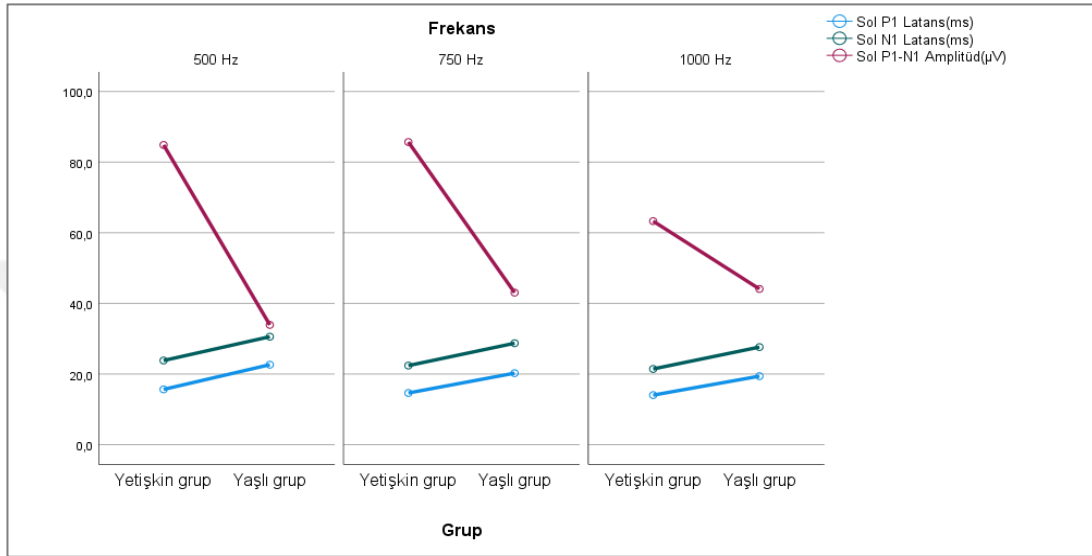
	Parametreler	Yetişkin Grup	Yaşlı Grup	p
		Ort ± SS	Ort ± SS	
SAĞ 1000 Hz	P1 Latans(ms)	13,91 ± 1,27	19,33 ± 4,41	<0.001*
	N1 Latans (ms)	21,98 ± 1,27	27,51 ± 3,75	<0.001*
	P1-N1 İnterlatans(ms)	8,07 ± 1,35	7,84 ± 2,29	0,648
	P1-N1 Amplitüd(μV)	70,35 ± 27,35	45,63±12,12	<0.001*
SOL 1000 Hz	P1 Latans(ms)	14,05 ± 1,26	19,41 ± 3,7	<0.001*
	N1 Latans (ms)	21,46 ± 1,3	27,65 ± 3,42	<0.001*
	P1-N1 İnterlatans(ms)	7,41 ± 1,45	8,24 ± 2,35	0,105
	P1-N1 Amplitüd(μV)	63,3 ± 27,95	44,11±11,78	<0.001*
Amplitüd Asimetri Oranı		0,12 ± 0,08	0,13 ± 0,1	0,843

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; *p<0,05

Yetişkin ve yaşlı grupta 1000 Hz frekansta cVEMP yanıtlarına bakıldığında, her iki kulak için de P1 latans, N1 latans ve P1-N1 amplitüd değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmiştir (p<0,05). Yine P1 latans ve N1 latans değerleri yaşlı grupta daha geç gözlenirken, P1-N1 amplitüd değerleri yetişkin grupta daha büyük elde edilmiştir. P1-N1

interlatans ve amplitüd asimetri oranında, iki kulak için de istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmemiştir ($p>0,05$).

Yetişkin ve yaşlı grupta, sol kulak 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz cVEMP sonuçları arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Yetişkin ve yaşlı grupta sol kulak 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz cVEMP sonuçları arasındaki ilişki

3.3. Yaşlı Grupta Cinsiyete Göre cVEMP Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yaşlı grupta 14 kadın ve 16 erkek olmak üzere toplam 30 katılımcı yer almaktadır. Çalışmaya katılan bireylerin 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda elde edilen cVEMP yanıtlarının cinsiyete göre karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırma her iki kulak içinde gerçekleştirilmiştir. Grupta yer alan bir erkek ve bir kadın katılımcının 500 Hz cVEMP yanıtları elde edilmediği için 500 Hz'deki karşılaştırmalar 13 kadın ve 15 erkek katılımcıdan elde edilen sonuçlar arasında yapılmıştır. Yaşlı grupta, cinsiyete göre 500 Hz frekansta cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması Çizelge 3.8.'de, 750 Hz frekansta karşılaştırılması Çizelge 3.9.'da ve 1000 Hz frekansta karşılaştırılması Çizelge 3.10.'da verilmiştir.

Çizelge 3.8. Yaşlı grupta cinsiyete göre 500 Hz frekansta cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması

		Erkek	Kadın	p
Parametreler		Ort ± SS	Ort ± SS	
SAĞ 500 Hz	P1 Latans(ms)	21,55 ± 4,97	21,15 ± 3,97	0,817
	N1 Latans (ms)	30,11 ± 4,23	29,85 ± 3,01	0,853
	P1-N1 İnterlatans(ms)	8,62 ± 2,33	8,77 ± 3,10	0,888
	P1-N1 Amplitüd(μV)	30,32 ± 11,55	36,19 ± 10,63	0,177
SOL 500 Hz	P1 Latans(ms)	24,05 ± 5,31	21,05 ± 4,54	0,124
	N1 Latans(ms)	31,16 ± 4,36	29,92 ± 3,94	0,442
	P1-N1 İnterlatans(ms)	7,13 ± 1,72	8,87 ± 1,85	0,016*
	P1-N1 Amplitüd(μV)	32,86 ± 9,13	35,16 ± 8,37	0,497
Amplitüd Asimetri Oranı		0,14 ± 0,11	0,06 ± 0,06	0,019*

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; *p<0,05

Yaşlı grupta erkek ve kadın katılımcılar arasında 500 Hz frekansta yapılan karşılaştırmada, sol kulakta P1-N1 interlatans ve amplitüd asimetri oranında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmiştir (p<0,05). Elde edilen diğer ölçüm sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Çizelge 3.9. Yaşlı grupta cinsiyete göre 750 Hz frekansta cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması

		Erkek	Kadın	p
Parametreler		Ort ± SS	Ort ± SS	
SAĞ 750 Hz	P1 Latans(ms)	20,75 ± 4,61	18,76 ± 3,85	0,215
	N1 Latans (ms)	28,81 ± 3,84	28,12 ± 4,11	0,637
	P1-N1 İnterlatans(ms)	8,06 ± 1,93	8,57 ± 1,93	0,475
	P1-N1 Amplitüd(μV)	41,18 ± 8,39	45,35 ± 11,45	0,261
SOL 750 Hz	P1 Latans(ms)	21,44 ± 4,00	18,93 ± 4,62	0,122
	N1 Latans (ms)	29,42 ± 3,31	27,95 ± 3,63	0,258
	P1-N1 İnterlatans(ms)	7,98 ± 2,49	9,02 ± 2,17	0,233
	P1-N1 Amplitüd(μV)	43,01 ± 12,94	43,13 ± 11,56	0,979
Amplitüd Asimetri Oranı		0,08 ± 0,07	0,09 ± 0,09	0,805

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; *p<0,05

Yaşlı grupta, 750 Hz frekansta elde edilen cVEMP yanıtlarının kadın ve erkek katılımcılar arasında karşılaştırılması sonucunda her iki kulakta da istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmemiştir (p>0,05).

Çizelge 3.10. Yaşlı grupta cinsiyete göre 1000 Hz frekansta cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması

	Parametreler	Erkek	Kadın	p
		Ort ± SS	Ort ± SS	
SAĞ 1000 Hz	P1 Latans(ms)	20,02 ± 4,58	18,55 ± 4,23	0,370
	N1 Latans (ms)	27,96 ± 4,21	27 ± 3,23	0,494
	P1-N1 İnterlatans(ms)	7,94 ± 2,28	7,74 ± 2,38	0,816
	P1-N1 Amplitüd(μV)	46,74±14,47	44,36 ± 9,1	0,600
SOL 1000 Hz	P1 Latans(ms)	20,23 ± 3,9	18,48 ± 3,36	0,201
	N1 Latans (ms)	27,58 ± 3,42	27,71 ± 3,55	0,920
	P1-N1 İnterlatans(ms)	7,38 ± 2,02	9,24 ± 2,37	0,028*
	P1-N1 Amplitüd(μV)	41,81 ± 12,1	46,73±11,25	0,260
Amplitüd Asimetri Oranı		0,13 ± 0,09	0,12 ± 0,11	0,846

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; *p<0,05

Erkek ve kadın katılımcılar arasında sol kulak 1000 Hz frekansta, P1-N1 interlatans değerinde istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenirken (p<0,05) diğer parametre sonuçlarında anlamlı fark gözlenmemiştir (p>0,05).

3.4. Yaşlı Grupta Kulak Tarafına Göre cVEMP Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yaşlı gruptaki katılımcılardan 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekansta elde edilen cVEMP yanıtları sağ ve sol kulak arasında karşılaştırılmıştır. 500 Hz’de toplam 56 kulak, 750 Hz ve 1000 Hz’de 60’ar kulak değerlendirilmiştir. Yaşlı grupta kulak tarafına göre cVEMP sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 3.11.’de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Yaşlı grupta kulak tarafına göre cVEMP sonuçlarının karşılaştırılması

	Parametreler	Sağ Kulak	Sol Kulak	p
		Ort ± SS	Ort ± SS	
500 Hz	P1 Latans(ms)	21,37 ± 4,46	22,66 ± 5,11	0,320
	N1 Latans (ms)	29,99 ± 3,65	30,58 ± 4,14	0,571
	P1-N1 İnterlatans(ms)	8,69 ± 2,66	7,94 ± 1,96	0,235
	P1-N1 Amplitüd(μV)	33,0±11,33	33,93 ± 8,7	0,745
750 Hz	P1 Latans(ms)	19,82 ± 4,32	20,27 ± 4,41	0,695
	N1 Latans (ms)	28,49 ± 3,91	28,73 ± 3,48	0,799
	P1-N1 İnterlatans(ms)	8,3 ± 1,91	8,47 ± 2,36	0,764
	P1-N1 Amplitüd(μV)	43,13 ± 9,98	43,07 ± 12,1	0,983
1000 Hz	P1 Latans(ms)	19,33 ± 4,41	19,41 ± 3,7	0,942
	N1 Latans (ms)	27,51 ± 3,75	27,65 ± 3,42	0,886
	P1-N1 İnterlatans(ms)	7,84 ± 2,29	8,24 ± 2,35	0,505
	P1-N1 Amplitüd(μV)	45,63±12,12	44,11±11,78	0,623

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; *p<0,05

Yaşlı grupta, 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz cVEMP sonuçlarının kulaklar arasında karşılaştırılması sonucunda sağ ve sol kulak arasında istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmemiştir ($p>0,05$).

3.5. Yaşlı Grupta Frekansa Göre cVEMP Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yaşlı grupta yer alan katılımcılardan cVEMP testi sonucu elde edilen, P1 latans, N1 latans, P1-N1 interlatans değerleri, P1-N1 dalga amplitüdü ve amplitüd asimetri oranı, üç frekans arasında karşılaştırılmıştır. Yaşlı grupta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslar arasında cVEMP sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 3.12.'de verilmiştir.

Çizelge 3.12. Yaşlı grupta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslar arasında cVEMP sonuçlarının karşılaştırılması

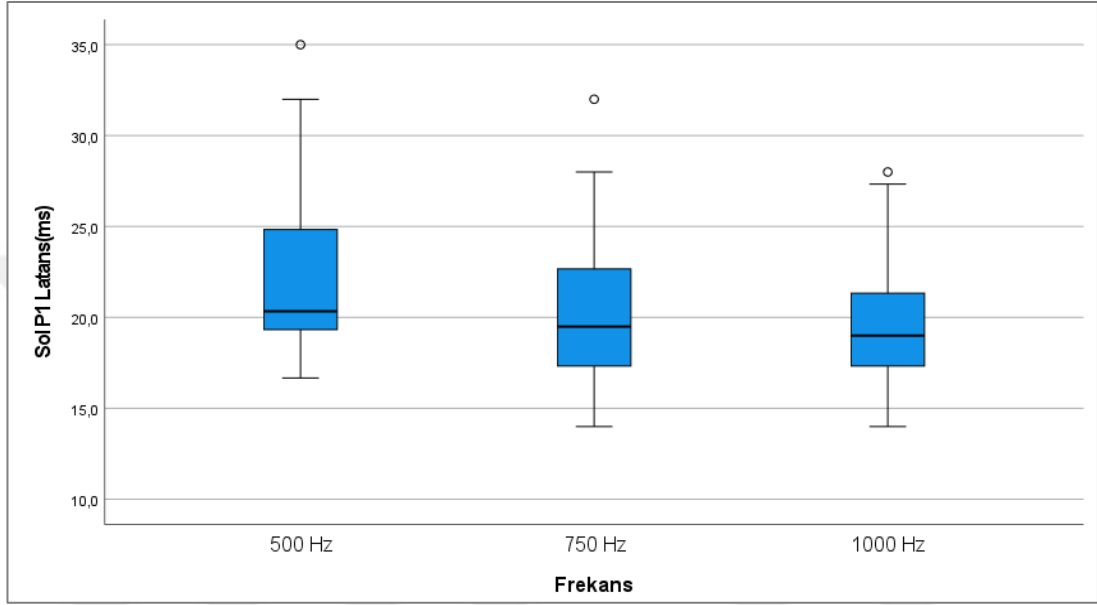
		500 Hz (a)	750 Hz (b)	1000 Hz (c)	
Parametreler		Ort ± SS	Ort ± SS	Ort ± SS	p
SAĞ	P1 Latans(ms)	21,37 ± 4,46	19,82 ± 4,32	19,33 ± 4,41	0,193
	N1 Latans (ms)	29,99 ± 3,65	28,49 ± 3,91	27,51 ± 3,75	0,048^(a,c)
	P1-N1 İnterlatans(ms)	8,69 ± 2,66	8,3 ± 1,91	7,84 ± 2,29	0,377
	P1-N1 Amplitüd(μV)	33,05±11,33	43,13 ± 9,98	45,63±12,12	<0,001^{(a,b),(a,c)}
SOL	P1 Latans(ms)	22,66 ± 5,11	20,27 ± 4,41	19,41 ± 3,70	0,019^(a,c)
	N1 Latans(ms)	30,58 ± 4,14	28,73 ± 3,48	27,65 ± 3,42	0,012^(a,c)
	P1-N1 İnterlatans(ms)	7,94 ± 1,96	8,47 ± 2,36	8,24 ± 2,35	0,670
	P1-N1 Amplitüd(μV)	33,93 ± 8,7	43,07 ± 12,1	44,11±11,78	<0,001^{(a,b),(a,c)}
Amplitüd Asimetri Oranı		0,10 ± 0,09	0,08 ± 0,08	0,13 ± 0,10	0,198

a: 500Hz; b: 750Hz; c: 1000 Hz; Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; * $p<0,05$

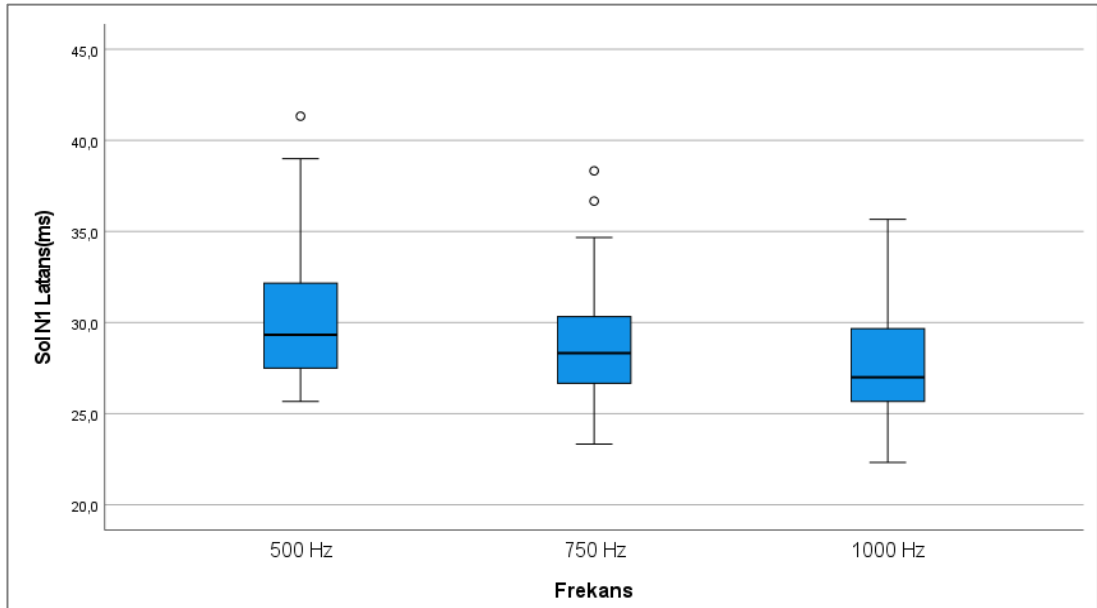
Frekanslar arası yapılan karşılaştırma sonucunda sağ kulakta N1 latans ve P1-N1 amplitüd değerinde, sol kulakta P1 latans, N1 latans ve P1-N1 dalga amplitüdünde istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmiştir ($p<0,05$). Sağ kulakta P1 latans ve P1-N1 interlatansta, sol kulakta P1-N1 interlatansta ve amplitüd asimetri oranında istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmemiştir ($p>0,05$).

Sağ kulakta yapılan ikili karşılaştırmalar incelendiğinde N1 latans değerinde 500 Hz ile 1000 Hz arasında anlamlı fark gözlenip, 500 Hz'de daha geç yanıt elde edilmiştir ($p<0,05$). P1-N1 amplitüd değerinde hem 500 Hz ile 750 Hz arasında hem de 500 Hz ile 1000 Hz arasında istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmiştir ($p<0,05$). Amplitüd değerlerine bakıldığında 750 Hz ve 1000 Hz'de elde edilen sonuçlar 500 Hz'den daha büyüktür.

Sol kulakta yapılan ikili karşılaştırmalarda P1 latans ve N1 latans değerinde 500 Hz ile 1000 Hz arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olup 500 Hz’de daha geç latans cevapları elde edilmiştir ($p<0.05$). Sol kulakta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekansta elde edilen P1 latans değerlerinin karşılaştırılması Şekil 3.2.’de, N1 latans değerlerinin karşılaştırılması Şekil 3.3.’te verilmiştir.

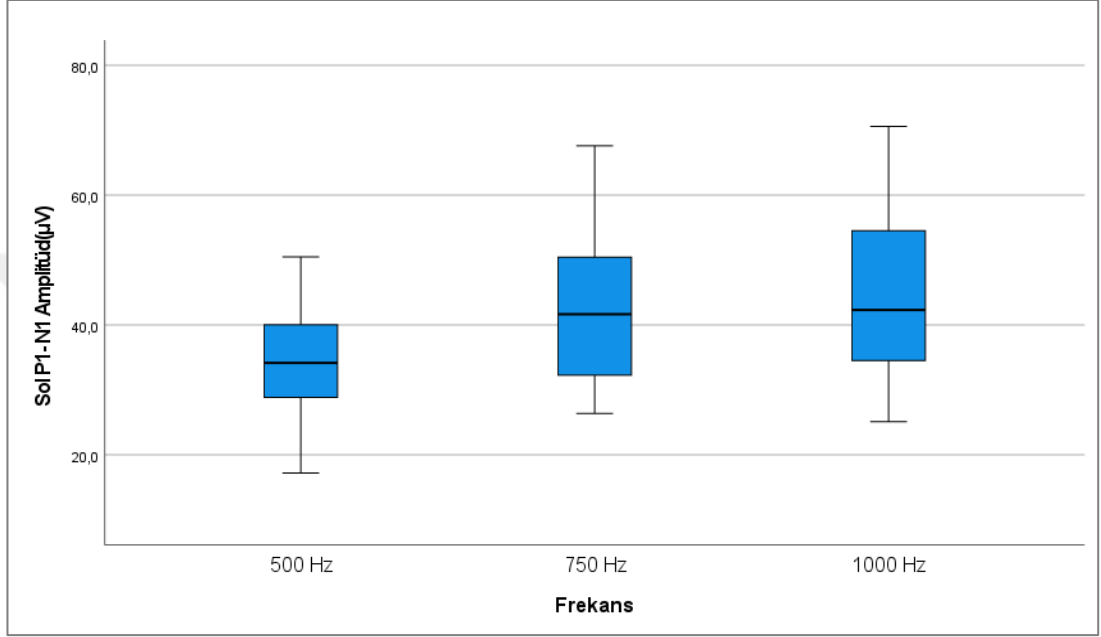


Şekil 3.2. Sol kulakta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekansta elde edilen P1 latans değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 3.3. Sol kulakta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekansta elde edilen N1 latans değerlerinin karşılaştırılması

Sol kulakta yapılan ikili P1-N1 amplitüd karşılaştırmasında ise 500 Hz ile 750 Hz ve 500 Hz ile 1000 Hz arasında istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmiştir ($p<0.05$). Bu karşılaştırmaya bakıldığında, 750 Hz ve 1000 Hz frekansta elde edilen amplitüd değeri 500 Hz’de elde edilen değerden daha büyüktür. Sol kulakta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekansta elde edilen P1-N1 amplitüd değerlerinin karşılaştırılması Şekil 3.4.’te verilmiştir.



Şekil 3.4. Sol kulakta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekansta elde edilen P1-N1 amplitüd değerlerinin karşılaştırılması

3.6. Yaşlı Grupta Yaş ile cVEMP Değişkenleri Arasında Korelasyon Analizi

Yaşlı grupta, 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda yaşın artışı ile cVEMP parametrelerinin nasıl etkilendiğini belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır. Yaşlı grupta yaş ile cVEMP değişkenleri arasındaki korelasyon bulguları Çizelge 3.13.’te verilmiştir.

Çizelge 3.13. Yaşlı grupta yaş ile cVEMP değişkenleri arasındaki korelasyon bulguları

	Parametreler	r	p
SAĞ 500 Hz	P1 Latans(ms)	0,251	0,198
	N1 Latans (ms)	0,380	0,046*
	P1-N1 İnterlatans(ms)	0,125	0,527
	P1-N1 Amplitüd(μV)	-0,052	0,793
SOL 500 Hz	P1 Latans(ms)	0,155	0,432
	N1 Latans(ms)	0,131	0,506
	P1-N1 İnterlatans(ms)	-0,125	0,526
	P1-N1 Amplitüd(μV)	-0,369	0,054
	Amplitüd Asimetri Oranı	-0,066	0,729
SAĞ 750 Hz	P1 Latans(ms)	0,076	0,690
	N1 Latans(ms)	0,106	0,576
	P1-N1 İnterlatans(ms)	-0,022	0,910
	P1-N1 Amplitüd(μV)	-0,451	0,012*
SOL 750 Hz	P1 Latans(ms)	0,124	0,514
	N1 Latans(ms)	0,082	0,667
	P1-N1 İnterlatans(ms)	-0,110	0,563
	P1-N1 Amplitüd(μV)	-0,136	0,473
	Amplitüd Asimetri Oranı	-0,400	0,029*
SAĞ 1000 Hz	P1 Latans(ms)	-0,057	0,764
	N1 Latans(ms)	0,008	0,967
	P1-N1 İnterlatans(ms)	0,075	0,694
	P1-N1 Amplitüd(μV)	0,033	0,861
SOL 1000 Hz	P1 Latans(ms)	-0,065	0,733
	N1 Latans(ms)	0,167	0,377
	P1-N1 İnterlatans(ms)	0,353	0,056
	P1-N1 Amplitüd(μV)	0,146	0,443
	Amplitüd Asimetri Oranı	0,059	0,756

r: Korelasyon Katsayısı; *p<0,05

Yapılan korelasyon analizi sonucunda sağ kulak 500 Hz N1 latans değeri, sağ kulak 750 Hz P1-N1 amplitüd değeri ve sol kulak 750 Hz amplitüd asimetri oranında istatistiksel olarak anlamlı seviyede korelasyon elde edilmiştir (p<0,05). Korelasyon katsayıları incelendiğinde, yaş ile N1 latansı arasında pozitif yönde, P1-N1 dalga amplitüdü arasında negatif yönde ve amplitüd asimetri oranı arasında negatif yönde orta seviyede bir korelasyon gözlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, yaş artışı ile 500 Hz N1 latans değerinde bir artış, 750 Hz P1-N1 amplitüd değerinde ve asimetri oranında bir azalma olduğunu göstermektedir.

Analiz edilen diğer bulgulara istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmese de 500 Hz ve 750 Hz’de yaş ile P1 latans ve N1 latans değerleri arasında pozitif yönde, P1-N1 amplitüd

değerleri arasında negatif yönde korelasyon elde edilmiştir. Bu sonuçlar, yaşın artması ile latans değerlerinde artış, amplitüd değerlerinde ise bir azalma olduğunu göstermektedir. Yaş ile 1000 Hz P1 latans değeri arasında negatif yönde, N1 latans ve P1-N1 amplitüd değeri arasında ise pozitif yönde korelasyon gözlenmiştir. Analiz sonucu, yaşın artması ile P1 latansında bir azalma, N1 latans ve P1-N1 dalga amplitüdünde bir artış olduğunu göstermektedir.



4. TARTIŞMA

Vestibüler sistem yaşlanmanın etkisi altındadır. Bu etki uç organlarda, tüylü hücre kaybına (Zalewski, 2015), utrikül ve sakkül makulasında ise otokonya sayısı ve hacminde azalmaya (Igarashi vd., 1993) sebep olmaktadır. Vestibüler çekirdekler ve serebellum gibi santral vestibüler sistemi oluşturan yapılarda da yaşlanmayla birlikte kayıplar meydana gelmektedir (Alvarez vd., 2000). Vestibüler sistemde meydana gelen bu dejenerasyonlar yaşlı bireylerde, baş dönmesi ve dengesizlik gibi şikayetlerin artışına sebep olmaktadır (Brosel ve Strupp, 2019). Ayrıca yaş artışıyla oluşan değişimler, tanıda kullanılan test bataryalarını da etkilemektedir (Agrawal vd., 2012).

cVEMP testi, sakkül fonksiyonunu değerlendiren ve cevapların SKM kasından elde edildiği bir test bataryasıdır (Rosengren vd., 2010). Yapılan birçok çalışmada, yaşlanmayla birlikte vestibüler sistemde meydana gelen değişimlerin yanıt parametrelerini etkilediği ortaya konulmuştur (Brantberg vd., 2007; Janky ve Shepard, 2009; Lee vd., 2008; Ochi ve Ohashi, 2003; Piker vd., 2015; Welgampola ve Colebatch, 2001b; Zapala ve Brey, 2004). cVEMP cevaplarının azalması ya da elde edilmemesi var olan bir patolojiden kaynaklı olabileceği gibi, kullanılan parametrelerden de kaynaklanabilir. Uyarın tipi veya sınırlı uyarın seviyesi elde edilen VEMP cevaplarını etkilemektedir (Piker vd., 2013).

Literatüre bakıldığında, en iyi cVEMP yanıtlarının 500 Hz ile 1000 Hz arasında elde edildiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Akin vd., 2003; Fu vd., 2021; Murofushi vd., 1999; Park vd., 2010; Rauch vd., 2004; Welgampola ve Colebatch, 2001a). Farklı uyarın frekansları ile yapılan çalışmaların sonuçları, vestibüler sistemin frekans seçici özellikte olduğunu göstermektedir. Bu özellik vestibüler sistem yapılarının elastik ve eylemsizlik özelliklerine, tüylü hücrelerin mekanik rezonansına bağlanmıştır (Crawford ve Fettiplace, 1981; Fernández ve Goldberg, 1976; Young vd., 1977). Ayrıca otolit organların fiziksel kütlesi de rezonansı etkilemektedir. Stereosilyalar, mekanik rezonatörler gibi işlev görür. Bu, stereosilyaların sertlik ve kütlesinin bir sonucudur. Sertliğin artması ya da kütlenin azalması, sistemin daha yüksek rezonans frekansında uyarılmasına neden olur (Fettiplace ve Fuchs, 1999).

Kliniklerde çoğunlukla 500 Hz tone burst uyarın kullanılmaktadır (Piker vd., 2013). Ancak yapılan çalışmalar, vestibüler sistemde meydana gelen bozulmaların frekans ayarında

değişime sebep olabileceğini göstermiştir. Meniere hastalığında, endolenfatik hidrops nedeniyle sakkülün etkilendiği ve cVEMP cevaplarının elde edilmesi için en uygun frekansın 500 Hz'den 1000 Hz frekansa doğru kaydığı öne sürülmüştür (Lin vd., 2006; Node vd., 2005; Rauch vd., 2004). Yine yaşlanmayla birlikte cVEMP frekansının, yüksek frekanslara doğru kaydığını gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Atabek, 2020; Janky ve Shepard, 2009; Piker vd., 2013). Bu nedenle, rezonans frekansını değiştirecek bir durum meydana geldiğinde cevapların elde edilebilmesi için 500 Hz her zaman en uygun frekans olmayabilir.

Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda yaşlanmayla birlikte sakkülde meydana gelen değişimlerin cVEMP frekansını etkilediği düşünülmektedir. Bu nedenle yaşlı grupta, tone burst uyaranda 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekansları karşılaştırarak, en iyi cVEMP yanıtlarını elde etmek ve uyaran kaynaklı cevap yokluğunu en aza indirerek, yanıt oranlarını arttırmak amaçlanmıştır. Yaşlı grupta cVEMP yanıtlarında meydana gelen değişimler, patoloji varlığında karşımıza çıkan yanıtları taklit ederek yanlış pozitif tanı oranını arttırmaktadır. Ayrıca, literatürde yaştan vestibüler sistem ve cVEMP üzerindeki etkilerinden çok kez bahsedilmiş olsa da ülkemizde yaşlı grupta cVEMP değerlendirilmesi için uygun uyaran prosedürlerini araştıran bilginiz dahilinde bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmadaki bir diğer amaç yaşlı grupta, uygun prosedür kullanılarak cVEMP testinin uygulanması ve böylece vestibüler patolojilerin tanısında VEMP test bataryası duyarlılığının artırılmasıdır.

Bu amaçlar doğrultusunda, en iyi cVEMP yanıtlarının elde edildiği 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslar, çalışmada kullanılacak uyaran frekansları olarak belirlenmiştir. Yetişkin ve yaşlı grupta cVEMP yanıt oranları değerlendirilmiş, elde edilen yanıt parametreleri her iki grup arasında karşılaştırılmıştır. Yaşlı grupta ise kendi arasında 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda elde edilen sonuçlar cinsiyet, kulak tarafı ve frekans bakımından karşılaştırılmıştır. Ayrıca yaşlı grupta yaş ile cVEMP değişkenleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için korelasyon analizi yapılmıştır.

Kullanılan uyaran yoğunluğu ve EMG seviyesi, elde edilen cVEMP parametrelerini etkilemektedir. Colebatch ve arkadaşları, yüksek uyaran yoğunluklarının daha büyük amplitüdlü yanıtlar oluşturacağını belirtmişlerdir (Colebatch vd., 1994). Yapılan çalışmalarda, tone burst uyaranda ideal uyaran yoğunluğunun 95-105 dB nHL arasında olduğu bulunmuştur (Isaradisaiikul vd., 2012; Young, 2006). Bu sonuçlar göz önünde bulundurularak çalışmamızda, 100 dB nHL şiddet seviyesinde tone burst uyaran kullanılmıştır. Ayrıca yapılan çalışmalarda

EMG seviyesinin de cVEMP amplitüdleri ile ilişkili olduğu ortaya koyulmuştur (Akin vd., 2004; Lim vd., 1995). Young yaptığı çalışmada, EMG seviyesini 50 μ V ile 200 μ V arasında (Young, 2006), Isaradisaikul ve arkadaşları, 40 μ V ile 150 μ V arasında (Isaradisaikul vd., 2008) tutmuştur. Colebatch ve arkadaşları ise minimum EMG seviyesinin 50 μ V olması gerektiğini öne sürmüştür (Colebatch vd., 1994). Yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak çalışmamızda EMG seviyesi 50 μ V ile 150 μ V arasında tutulmuştur.

Literatüre bakıldığında yaşın cVEMP yanıt oranı üzerindeki etkilerini değerlendiren farklı çalışmalar bulunmaktadır. Su ve arkadaşlarının farklı yaş gruplarıyla yaptığı çalışmada, yanıt oranları 40 yaşına kadar %98, 41-60 yaş arasında %90, 60 yaş üstünde ise %60 olarak elde edilmiştir (Su vd., 2004). Yine Singh ve arkadaşları, 280 katılımcı ile yaptıkları çalışmada, 70 yaşın üzerindeki bireylerde yanıt oranının %60'a düştüğünü belirtmişlerdir (Singh vd., 2014). Yaşın vestibüler sistem üzerindeki etkilerini değerlendirmek için yapılan çalışmalarda Maes ve arkadaşları 65 yaşından sonra (Maes vd., 2010), Demirel 60 yaşından sonra (Demirel, 2022) cVEMP yanıt oranındaki düşüşü göstermiştir. Mandal ve Barman ise yaptıkları çalışmada yanıt oranının 50 yaşına kadar %90'ın üzerinde olduğunu, 50 yaşından sonra yanıt oranının %83,33'e düştüğünü, 70-80 yaş arasında ise %92,85'e yükseldiğini gözlemlemiştir. Ancak bu artışı küçük örneklem büyüklüğüne bağlamış ve bu yaş grubunda dalga morfolojisinde bozulmaların olduğunu belirtmiştir (Mandal ve Barman, 2010). Sayed ve Abdul Wahat'ın yaptığı çalışmada, Mandal ve Barman'ın yaptığı çalışmaya benzer olarak yanıt oranları 50 yaşından sonra düşüş göstermeye başlamıştır (Sayed ve Abdul Wahat, 2022). Piker ve arkadaşları 2015 yılında yaptığı retropektif vaka incelemesinde, 500 Hz hava iletimli uyaran kullanılarak yapılan cVEMP ve oVEMP çalışmalarında dalga varlığını değerlendirmişlerdir. Yapılan değerlendirme sonucunda, cVEMP yanıt oranlarının 20'li yaşlardaki katılımcılarla karşılaştırıldığında, 50-60'lı yaşlarda 6 kat, 70-80'li yaşlarda ise 22 kat azaldığı ortaya koyulmuştur (Piker vd., 2015). Li ve arkadaşları da yaptıkları çalışmada 70-79 yaş arasındaki bireylerde cVEMP dalga görülme oranın, 70 yaş altındakilere göre 4 kat azaldığını, 80 yaş üzerindeki bireylerde ise 7 kat azaldığını ortaya koymuşlardır (Li vd., 2015). Çalışmamızda 500 Hz'de 65 yaşından sonra yanıt oranı %93'e düşmüştür. Literatürde elde edilen bulgular çalışmamız ile benzerlik göstermektedir. Gerçekleştiği yaş çalışmalarda farklılık gösterebilse de yaşlanmayla birlikte yanıt oranlarında azalma gözlenmektedir. Bu azalma, sakkül, scarpa ganglionundaki nöroepitelyalar ve vestibüler çekirdeklerdeki tüy hücre kayıplarıyla birlikte morfolojik değişikliklerle de ilişkilendirilebilir (Alvarez, vd., 1998; Bergström, 1973b; Engström vd., 1974; Lopez vd., 1997; Rosenhall, 1973). Ayrıca literatürde farklı frekanslar kullanılarak yanıt oranlarının değerlendirildiği çalışmalar da mevcuttur. Janky

ve Shepard klik ve 250 Hz ile 1000 Hz arasında tone burst uyaran kullanarak yaptığı çalışmada yanıt oranlarının 60 yaşından sonra azalmaya başladığını ve 60 yaş ve üzeri grupta yanıt oranlarını 500 Hz’de %90, 750 Hz’de %83 ve 1000 Hz’de %78 olarak bulmuştur (Janky ve Shepard, 2009). Bu çalışmanın aksine çalışmamız, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda daha yüksek yanıt oranlarına sahiptir. Çalışmada, düşük yanıt oranlarının elde edilmesi, düşük yoğunlukta uyaran seviyesinin kullanılmasından kaynaklı olabileceğini düşündürmektedir. Piker ve arkadaşlarının 125 Hz ile 2000 Hz arasında yaptıkları VEMP çalışmasında en iyi yanıt oranları 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda elde edilmiştir. Genç ve orta yaşlı grupta cVEMP yanıt oranı, bu üç frekansta %100 elde edilirken yaşlı grupta (≥ 60 yaş) ise yanıt oranı 500 Hz’de %97, 750 Hz ve 1000 Hz’de ise %100 elde edilmiştir (Piker vd., 2013). Aynı şekilde Atabek yaptığı çalışmada yaşlı grupta (≥ 60 yaş), yanıt oranını 500 Hz’de %93 bulurken, 750 Hz ve 1000 Hz’de %100 elde etmiştir (Atabek, 2020). Çalışmamız ile bu iki çalışma benzerlik göstermektedir. Yaptığımız çalışmada, yetişkin grupta üç frekansta da yanıt oranı %100 elde edilmiş, yaşlı grupta ise 750 Hz ve 1000 Hz’de %100 elde edilirken, 500 Hz’de %93’e düşmüştür. Yanıtların azalması ya da elde edilmemesi, bir patolojiye veya kullanılan parametreye bağlı olabilir (Piker vd., 2013). Çalışmalar sağlıklı katılımcılar ile gerçekleştirildiği için yanıt oranlarının azalmasının patoloji kaynaklı olmadığı, kullanılan sınırlı uyaran frekansından kaynaklandığı düşünülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar, yaşlanmayla birlikte vestibüler sistemde meydana gelen değişimlerle birlikte sistemin rezonans frekansının yani uyarılması için en etkili uyaran frekansının, yüksek frekanslara doğru kaydığını göstermektedir.

Literatüre bakıldığında, yaştan latans üzerindeki etkileri ile ilgili tartışmalı sonuçlar bulunmaktadır. Yapılan bazı çalışmalarda, P1 ve N1 latans değerlerinin yaş artışından etkilenmediği belirtilmiştir (Basta vd., 2005; Kumar vd., 2018; Mandal ve Barman, 2010; Nguyen vd., 2010; Rosengren vd., 2011). Maleki ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, yaştan artmasıyla birlikte sadece P1 latans değerinde uzama gözlemlenmiştir (Maleki vd., 2014). Su ve arkadaşları ise, her iki latans değerinin de yaş artışından etkilendiğini ancak sadece N1 latans değerinin anlamlı derecede uzama gösterdiğini ortaya koymuştur (Su vd., 2004). Bu çalışmaların aksine hem P1 hem de N1 latans değerlerinde uzama olduğunu belirten çalışmalar da bulunmaktadır (Brantberg vd., 2007; Demirel, 2022; Lee vd., 2008; Singh vd., 2014; Zapala & Brey, 2004). Uzamanın özellikle 50 yaşından sonra başladığı ve yaşlanmayla birlikte anlamlı derecede artış gösterdiği ortaya koyulmuştur (Lee vd., 2008; Singh vd., 2014). Bu çalışmalara benzer olarak, yaptığımız çalışmada da hem P1 hem de N1 latans değerleri yaş artışından etkilenmiştir. Yapılan çalışmalarda 500 Hz frekans kullanılarak yaştan latans

üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmalar haricinde yaşlı bireylerin dahil edildiği ve 750 Hz ile 1000 Hz frekanslar kullanılarak yaş artışının latans üzerindeki etkisini değerlendiren tek çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaya 20-76 yaş arasında bireyler dahil edilmiş ve üç frekansta da yaş artışı ile latans arasında anlamlı bir ilişki elde edilmemiştir. Ancak 20-29 yaş grubunda elde edilen P1 latans değerleri diğer yaş gruplarından daha uzun elde edilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar ile yapılan diğer çalışmalar arasındaki uyumsuzluğun, metodolojik farklılıklardan kaynaklanabileceği vurgulanmıştır (Janky ve Shepard, 2009). Çalışmamızda, yaşlı grupta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz’de elde edilen her iki latans değerlerinde de yetişkin gruba göre anlamlı derecede uzama elde edilmiştir. Latans değerleri, utrikül ve sakkülde meydana gelen değişimlerden çok santral iletimin, efferent refleks bağlantılarının ve kas aktivasyonu için geçen sürenin bir göstergesidir (Furman ve Redfern, 2001). Yaşlanmayla birlikte miyelinli vestibüler sinir bağlantılarının azalması, otolit organlardan iletilen sinyallerin, santral sisteme ulaşma ve işleme hızını azaltarak latansların uzamasına sebep olduğu bildirilmiştir (Bergström, 1973; Furman & Redfern, 2001).

Literatürde, artan yaşla birlikte cVEMP amplitüd değerinde azalmaların olduğunu gösteren birçok çalışma bulunmaktadır (Agrawal vd., 2012; Akin vd., 2011; Demirel, 2022; Lee vd., 2008; Li vd., 2015; Maes vd., 2010; Maleki vd., 2014; Ochi ve Ohashi, 2003; Sayed ve Abdul Wahat, 2022; Welgampola ve Colebatch, 2001b; Zapala ve Brey, 2004). Bu çalışmalardan bazıları amplitüdlere meydana gelen azalmanın 50 yaşından sonra başladığını (Nguyen vd., 2010; Singh vd., 2014), bazıları ise 40 yaşında başladığını ve 60 yaşından sonra önemli derecede düşüşlerin gözlemlendiğini ortaya koymuştur (Basta vd., 2005; Mandal ve Barman, 2010). Yapılan farklı çalışmalar da amplitüdlere azalmanın 60 yaşından sonra başladığını desteklemektedir (Brantberg vd., 2007; Su vd., 2004). Welgampola ve Colebatch tarafından yapılan çalışma haricinde diğer çalışmaların hepsi tone burst uyaran kullanılarak yapılmıştır. Welgampola ve Colebatch ise yaptıkları çalışmada klik uyaran kullanmışlar ve amplitüdlere azalmanın 60 yaşından sonra başladığını belirtmişlerdir (Welgampola ve Colebatch, 2001b). Farklı frekanslarda, yaşlı bireylerin de dahil edilerek cVEMP amplitüdlерinin değerlendirildiği yalnızca üç çalışma bulunmaktadır (Atabek, 2020; Janky ve Shepard, 2009; Piker vd., 2013). Hem Atabek hem de Piker ve arkadaşlarının 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz’de yaptıkları cVEMP çalışmalarında 60 yaşından sonra amplitüdlere düşüşlerin gözlemlendiği bildirilmiştir (Atabek, 2020; Piker vd., 2013). Ancak Janky ve Shepard yaptıkları çalışmada üç frekansta da yaş ile amplitüd arasında anlamlı bir ilişki bulamamıştır (Janky ve Shepard, 2009). Bunun nedeni olarak, kullanılan uyaran şiddetinin eşik seviyede belirlenmesi

olduğu düşünülmektedir. Yaptığımız çalışmada da 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda yaşlı grupta (≥ 65) yetişkin gruba göre amplitüdlerde anlamlı derecede azalma gözlenmiştir. Akin ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, cVEMP amplitüd değerindeki azalmayı yaşlanmayla birlikte EMG seviyesinde meydana gelen düşüşe bağlamıştır (Akin vd., 2011). Ancak yetişkin ve yaşlı grup arasında tonik SKM kas aktivitesinin karşılaştırıldığı çalışmalarda iki grup arasında EMG seviyeleri bakımından anlamlı fark elde edilmemiştir (Basta vd., 2007; Maheu vd., 2021). cVEMP amplitüd değerleri SKM kasından elde edilen EMG seviyesi ile ilişkili olmasına rağmen yapılan çalışmalarda, yaşlanmayla birlikte amplitüd değerlerinde meydana gelen azalmanın çoğunlukla sakkülde ve bağlantılı olduğu santral yollarda yaşlanmayla birlikte oluşan değişimlerden kaynaklandığı öne sürülmüştür (Mandal ve Barman, 2010; Ochi ve Ohashi, 2003; Singh vd., 2014). Yaptığımız çalışmada da EMG seviyesi her iki grupta 50 μV ile 150 μV arasında tutulduğu için yaşlı grupta amplitüd değerlerindeki düşüşün, yaşlanmayla birlikte vestibüler sistemde meydana gelen değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Literatüre bakıldığında, yaş artışının cVEMP üzerindeki etkilerini değerlendiren çalışmalar arasında, interlatans parametresinin değerlendirildiği birkaç çalışma bulunmaktadır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda yaşın cVEMP interlatansı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı gözlenmiştir (Demirel, 2022; Lee vd., 2008; Zapala ve Brey, 2004). Çalışmamız da yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Kullanılan üç frekansta da yetişkin ve yaşlı grup arasında P1-N1 interlatans değeri bakımından anlamlı fark elde edilmemiştir.

Literatürde, yaş artışı ile cVEMP amplitüd asimetri oranı arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmalarda yaş artışı ile cVEMP asimetri oranı arasında anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir (Demirel, 2022; Lee vd., 2008; Li vd., 2015; Nguyen vd., 2010; Singh vd., 2014; Su vd., 2004; Zapala ve Brey, 2004). Sayed ve Abdul Wahat 750 Hz tone burst uyaran kullanarak farklı yaş grupları arasında yaptıkları VEMP çalışmasında artan yaş ile asimetri oranı arasında anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir (Sayed ve Abdul Wahat, 2022). Sadece Maleki ve arkadaşları yetişkin ve yaşlı grup arasında 500 Hz kullanarak yaptıkları cVEMP çalışmasında, her grup için amplitüd asimetri oranları normal sınırlarda olmasına rağmen iki grup arasında anlamlı fark elde etmişlerdir (Maleki vd., 2014). Çalışmamızda da 500 Hz ve 1000 Hz’de yetişkin ve yaşlı grup arasında P1-N1 amplitüd asimetri oranında anlamlı fark gözlenmezken 750 Hz’de iki grup arasında anlamlı fark elde edilmiştir. Yaşlanma sürecinde meydana gelen değişimlerin genellikle simetrik ve bilateral olarak gözlemlendiği hem işitme (Davis, 1990; Nash vd., 2011) hem de vestibüler sistem

(Engström vd., 1974; Rosenhall, 1973) üzerine yapılan çalışmalarda sıklıkla bahsedilmektedir. Bu nedenle yetişkin ve yaşlı grup arasında asimetri oranında anlamlı fark elde edilmemesi ilerleyen yaşla meydana gelen değişimlerin bilateral ve simetrik olmasına bağlanabilir.

Literatüre bakıldığında, cVEMP yanıtlarının cinsiyetler arasında karşılaştırıldığı farklı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların bazılarında elde edilen cVEMP yanıtlarında erkekler ve kadınlar arasında anlamlı bir fark elde edilmediği ortaya koyulmuştur (Basta vd., 2005; Ochi ve Ohashi, 2003; Rosengren vd., 2011; Sayed ve Abdul Wahat, 2022). Bu çalışmaların aksine Lee ve arkadaşları yaptıkları çalışmada erkekler ve kadınlar arasında N1 latans ve amplitüd değerlerinde anlamlı farklılık olduğunu, N1 latansın erkeklerde daha uzun, amplitüd değerlerinin ise kadınlarda daha büyük olduğunu belirtmişlerdir (Lee vd., 2008). Brantberg ve arkadaşları ise erkekler ve kadınlar arasında amplitüd ve N1 latans değerinde anlamlı bir fark elde edemeseler de kadınlarda P1 latans değeri ile yaş arasında anlamlı fark elde etmişlerdir. Çalışmada P1 latansı kadınlarda erkeklere göre yaşla birlikte daha az uzama göstermiştir. Bunun sonucu olarak da yaşla birlikte interlatans değeri kadınlarda erkeklere göre daha kısa gözlenmiştir (Brantberg vd., 2007). Çalışmamızda ise yaşlı grupta 500 Hz sol kulakta P1-N1 interlatans değerinde ve amplitüd asimetri oranında, 1000 Hz sol kulak P1-N1 interlatans değerinde erkekler ve kadınlar arasında anlamlı fark elde edilmiştir. Her iki frekansta da interlatans değeri kadınlarda daha uzun, amplitüd asimetri oranı ise erkeklerde daha büyüktür. Yapılan çalışmalara bakıldığında cinsiyet karşılaştırma sonuçları tartışmalıdır. Çoğu çalışma yetişkin bireylerle yapılmıştır. Bu nedenle yaşın etkisi ekarte edildiği için cinsiyetler arasında fark elde edilmemiş olabilir. Ayrıca cinsiyetler arasında karşılaştırma yaparken yaş dağılımlarının belirtilmemesi, elde edilen sonuçların yaşlanmayla meydana gelen değişimlerin yansıması olma olasılığını arttırmaktadır. Cinsiyetler arasında anlamlı farkların elde edilmesi, kadınlarda kafa çapının küçük olması ve boyun yapısındaki farklılıklar gibi fizyolojik nedenlerden kaynaklanabilir. Bu gibi farklılıklar iletimin gerçekleştiği mesafeyi ve böylece dalgaların elde edildiği süreyi etkileyecektir (Gattie vd., 2023; Nikiforidis vd., 1993). Kafa çapı ile VEMP latanslarını değerlendiren bir çalışma bulunmasa da işitsel beyin sapı cevapları ile anlamlı ilişkiler elde edilmiştir (Nikiforidis vd., 1993). Bununla birlikte işitsel beyin sapı cevaplarında kadınların daha kısa latanslı cevaplara sahip olduğu ortaya konulmuştur. Bu durum kadınlarda koklear tepki sürelerinin erkeklerden daha düşük olmasına bağlanmıştır (Don vd., 1994). Çalışmamızda yaşlı grupta cinsiyet karşılaştırması yapılmıştır. Ancak yapılan çalışmalara bakıldığında sadece yetişkinler ya da farklı yaş gruplarının birlikte karşılaştırıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda elde edilen cinsiyet farklılıkları yaşlanmayla meydana gelen değişimlerden, erkekler ve kadınlar arasındaki

anatomik ve fizyolojik farklılıklardan ya da metodolojik farklılıklardan kaynaklanabilir. Bu nedenle yaşlı grupta daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Literatürde, farklı yaş gruplarında yapılan çalışmalarda cVEMP parametrelerinin sağ ve sol kulak arasında karşılaştırmaları bulunmaktadır. Bu çalışmalarda her iki kulak arasında hiçbir parametrede anlamlı fark elde edilmemiştir (Lee vd., 2008; Maleki vd., 2014; Mandal ve Barman, 2010; Ochi ve Ohashi, 2003; Zapala ve Brey, 2004). Farklı frekanslarda (250 Hz, 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz) ve farklı yaş aralığında (20-76 yaş) elde edilen cVEMP yanıtlarının sağ ve sol kulak arasında karşılaştırıldığı tek çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada, kullanılan frekanslarda sağ ve sol kulak arasında elde edilen latans ve amplitüd parametreleri bakımından anlamlı fark elde edilmemiştir (Janky ve Shepard, 2009). Çalışmamızda da benzer olarak, yaşlı grupta 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda elde edilen parametrelerin hiçbirinde sağ ve sol kulak arasında anlamlı fark elde edilmemiştir. Yapılan tüm çalışmalarda farklı yaş grupları bir arada değerlendirilirken çalışmamızda sadece yaşlı grupta kulaklar arası karşılaştırma yapılmıştır. Bu yönüyle diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Her iki kulakta da fark elde edilmemesi, vestibüler sistemin yaşlanmayla birlikte meydana gelen değişimlerden genellikle bilateral ve simetrik olarak etkilenmesine bağlanabilir (Engström vd., 1974; Rosenhall, 1973).

Literatürde, en iyi cVEMP yanıtlarını elde etmek için farklı frekansları değerlendiren birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalarda yaş sınırlandırması yapılmış ve yetişkin katılımcılar ile çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yaşlı bireylerin dahil edilerek farklı frekanslarda cVEMP yanıtlarının değerlendirildiği sadece üç çalışma bulunmaktadır (Atabek, 2020; Janky ve Shepard, 2009; Piker vd., 2013). cVEMP amplitüdü bu üç çalışmada da değerlendirilmiş ancak latanslar sadece Janky ve Shepard tarafından yapılan çalışmada incelenmiştir. İnterlatans ve amplitüd asimetri oranlarını değerlendiren çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle yaptığımız çalışma hem tüm cVEMP parametrelerini değerlendirmesi bakımından hem de yaşlı grupta uygun uyaran frekansının tanımlanması bakımından diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Janky ve Shepard farklı yaş aralığında (20-76 yaş) klik ve 250 Hz, 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz tone burst uyaran kullanarak yaptığı cVEMP çalışmasında, 60 yaş üstü bireylerde farklı frekanslarda elde edilen latans değerlerine de değinmiştir. Bu çalışmanın sonucunda 60 yaş üstü bireylerde 1000 Hz frekansta en kısa P1 latans ve N1 latans değerleri elde edilmiş ve 1000 Hz frekanstan sonra en kısa P1 ve N1 latansları 750 Hz frekansta gözlenmiştir (Janky ve

Shepard, 2009). Çalışmamızda da sağ kulakta N1 latansında, sol kulakta P1 ve N1 latansında 500 Hz ile 1000 Hz arasında anlamlı fark elde edilmiş ve en kısa yanıtlar 1000 Hz frekansta gözlenmiştir. Yine yapılan çalışmaya benzer olarak 1000 Hz frekanstan sonra en kısa yanıtlar 750 Hz frekansta elde edilmiştir. Akin ve arkadaşları yetişkin bireylerde uyaran türü ve frekansın VEMP üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmada, tone burst uyaranda frekans arttıkça P1 latans değerinde kısalmalar olduğunu gözlemlemiştir. Elde edilen bu sonucu ise tone burst uyarıların yükselme süresine bağlamışlardır. Kullanılan frekans süreleri incelendiğinde 250 Hz’de yükselme/düşüş süresi 8 ms, 1500 Hz’de ise 1,3 ms’dir (Akin vd., 2003). Tone burst uyaranda yükselme/düşüş sürelerinin VEMP üzerindeki etkilerinin incelendiği başka bir çalışmada yetişkin bireylerde 500 Hz frekansta yükselme/düşüş süresi 0,3 ms’den 10 ms’ye çıkarıldığında P1 latans değerinde uzamaların olduğu ortaya koyulmuştur (Cheng ve Murofushi, 2001). Çalışmamızda da yükselme/düşüş süreleri 500 Hz’de 4 ms, 750 Hz’de 2,67 ms, 1000 Hz’de ise 2 ms’dir. Yapılan çalışmalara benzer olarak frekans artışı ile yükselme/düşüş süresindeki azalma latanslardaki kısalmayı gösteriyor olabilir. Ancak diğer çalışmaların aksine çalışmamızda yaşlı gruptaki bireyler değerlendirilmiştir. Bu nedenle, farklı frekanslarda yaşlanmanın cVEMP latans değerleri üzerindeki etkisini anlamak için daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Piker ve arkadaşları farklı yaş gruplarında, farklı frekanslar kullanarak (125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 750 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz ve 2000 Hz) yaşın VEMP üzerindeki etkilerini incelediği bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, yaşlı grupta (≥ 60 yaş) en büyük amplitüd değerlerinin 750 Hz frekansta elde edildiği ortaya koyulmuştur. Ayrıca 750 Hz’den sonra en büyük amplitüdlü yanıtlar 1000 Hz’de elde edilmiştir. Yaşlı grupta yer alan bireylerden hiçbirinde 500 Hz frekansta en büyük amplitüd değerlerinin elde edilmediği de belirtilmiştir (Piker vd., 2013). Aynı şekilde Janky ve Shepard yaptığı çalışmada en büyük amplitüdlü cevapların 750 Hz frekansta elde edildiğini ikinci en büyük amplitüdlü cevapların 1000 Hz frekansta elde edildiğini ortaya koymuşlardır (Janky ve Shepard, 2009). Atabek yine farklı yaş gruplarında 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslarda yaş ve orta kulak rezonansının cVEMP üzerine etkilerini incelediği bir çalışmada 60 yaş ve üstü bireylerde en büyük amplitüd değerlerinin 1000 Hz frekansta elde edildiğini belirtmiştir. Bununla birlikte 1000 Hz frekanstan sonra en büyük amplitüd değerlerinin 750 Hz frekansta olduğunu da ortaya koymuştur (Atabek, 2020). Yaptığımız çalışmada ise her iki kulakta da 500 Hz amplitüd değerleri ile hem 750 Hz arasında hem de 1000 Hz arasında anlamlı fark elde edilmiştir. Her iki frekansta da yapılan çalışmalarla benzer olarak 500 Hz’den daha büyük amplitüdlü yanıtlar elde edilmiştir. Çalışmada 750 Hz ile 1000 Hz arasında anlamlı fark elde edilmese de en büyük amplitüdlü yanıtlar Atabek’in

yaptığı çalışma ile benzerlik göstererek 1000 Hz frekansta elde edilmiştir. Yapılan farklı çalışmalarda yanıtların elde edilmesi için en iyi frekansın 500 Hz ile 1000 Hz aralığında olduğu ortaya koyulmuştur (Akin vd., 2003; Fu vd., 2021; Murofushi vd., 1999; Park vd., 2010; Rauch vd., 2004; Welgampola ve Colebatch, 2001a). Kliniklerde ise yaygın olarak 500 Hz tone burst uyaran kullanılmaktadır (Piker vd., 2013). Farklı frekanslarda en iyi yanıtların elde edilmesi vestibüler sistemin frekans seçici özelliğine bağlanmaktadır. Bu özellik vestibüler sistem yapılarının veya tüylü hücrelerin mekanik rezonansının bozulması ile değişiklik gösterebilir (Crawford ve Fettiplace, 1981; Fernández ve Goldberg, 1976; Young vd., 1977). Tüylü hücrelerin kütle ve sertlik özellikleri rezonans frekansını etkilemektedir (Fettiplace ve Fuchs, 1999). Yaşlanmayla birlikte sakkül makulasında ve tüylü hücrelerde önemli dejenerasyonların olduğu belgelenmiştir (Schuknecht vd., 1965). Yaşlı bireylerde, sakkül makulasında yer alan otokonyalarda ve tüylü hücrelerde meydana gelen azalmaların yoğun olduğu da ortaya koyulmuştur (Igarashi vd., 1993; Rosenhall, 1973). Çalışmamızda ve yapılan diğer çalışmalarda yaşlanmayla birlikte cVEMP sonuçlarındaki değişimler gösterilmiştir. Ayrıca sakkül tüy hücrelerinde yaşlanmayla meydana gelen kütle ve sertlik özelliklerindeki değişim cVEMP frekansını etkileyebilmektedir. Tüy hücrelerinde sertliğin artması ya da kütle azalması rezonans frekansının yüksek frekanslara doğru kaymasına sebep olabilir (Fettiplace ve Fuchs, 1999). Bu da çalışmamızda da görüldüğü gibi en iyi yanıtların elde edildiği frekansın 500 Hz'den daha yüksek frekanslara kayması şeklinde karşımıza çıkmaktadır.

Yaptığımız çalışmada hem interlatans değerinde hem de amplitüd asimetri oranında 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslar arasında anlamlı fark elde edilmemiştir. Literatürde, yaşlı grupta farklı frekanslar kullanarak cVEMP interlatans ve amplitüd asimetri oranını değerlendiren bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle yaşlı grupta yapılan cVEMP çalışmalarının artırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Literatürde yaş ile cVEMP parametreleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda yaş artışı ile latanslarda uzama gözlenirken bazılarında yaş ile arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Singh ve arkadaşları yaptıkları çalışmada yaş ile hem P1 latans ($r=0,72$) hem de N1 latans ($r=0,82$) değerleri arasında anlamlı ve pozitif yönde bir korelasyon elde etmişlerdir (Singh vd., 2014). Yapılan farklı çalışmalarda da benzer şekilde yaş ile her iki latans değerinde pozitif korelasyonlar gözlenmiştir (Brantberg vd., 2007; Lee vd., 2008). Su ve arkadaşları yaptıkları çalışmada yaş artışı ile P1 latansında uzamaların görüldüğünü ancak yaş ile anlamlı seviyede korelasyonun olmadığını ortaya koymuşlardır. Bunun aksine yaş ile

N1 latans değerleri arasında pozitif yönde ($r= 0,261$) anlamlı seviyede korelasyon elde etmişlerdir (Su vd., 2004). Yapılan bazı çalışmalarda ise yaş ile P1 latans değerleri arasında anlamlı korelasyon gözlenmezken, N1 latans değerleri arasında negatif yönde anlamlı seviyede korelasyon elde edilmiştir (Maes vd., 2010; Welgampola ve Colebatch, 2001b). Çalışmamızda ise yaşlı grupta sağ kulak 500 Hz frekansta yaş ile N1 latans değeri arasında pozitif yönde orta seviyede ($r=0,380$), anlamlı korelasyon elde edilmiştir. Her iki kulakta da 500 Hz ve 750 Hz frekanslarda yaş ile hem P1 latans hem de N1 latans değeri arasında anlamlı olmasa da pozitif korelasyon gözlenmiştir. Bu sonuçlar yaş artışı ile latans değerlerinde uzamaların meydana geldiğini göstermektedir. Anlamlı olmamakla birlikte her iki kulakta da 1000 Hz frekansta yaş ile P1 latans değerleri arasında negatif yönde, N1 latans değerleri arasında pozitif yönde korelasyon elde edilmiştir. Yapılan çalışmalarla benzer olarak yaş ile latans değerleri arasında pozitif yönde korelasyonların gözlenmesi yaş artışıyla birlikte sinyallerin iletim ve işleme hızındaki değişimlerden (Bergström, 1973; Furman ve Redfern, 2001) kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. Yaş ile amplitüd ilişkisine bakıldığında yapılan çalışmaların hepsinde yaş ile amplitüd değerleri arasında negatif yönde anlamlı seviyede korelasyonlar elde edilmiştir (Brantberg vd., 2007; Janky ve Shepard, 2009; Lee vd., 2008; Li vd., 2015; Maes vd., 2010; Ochi ve Ohashi, 2003; Singh vd., 2014; Su vd., 2004; Welgampola ve Colebatch, 2001b). Çalışmamızda da benzer olarak sağ kulakta 750 Hz’de P1-N1 amplitüd değerinde negatif yönde orta seviyede ($r=-0,451$), anlamlı korelasyon gözlenmiştir. Anlamlı olmasa da her iki kulakta 500 Hz frekansta ve sol kulak 750 Hz frekansta da yaş ile amplitüd değerleri arasında negatif yönde korelasyon elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 500 Hz ve 750 Hz frekansta yaş artışı ile amplitüd değerlerindeki azalmanın yaşanmayla birlikte vestibüler sistemde meydana gelen değişimlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu sonuçlardan farklı olarak 1000 Hz frekansta her iki kulakta da yaş ile P1-N1 amplitüd değerleri arasında anlamlı olmasa da pozitif yönde korelasyon gözlenmiştir. Bu sonuç 65 yaşından sonra yaş arttıkça diğer frekanslara göre 1000 Hz frekansta daha büyük amplitüd değerine sahip yanıtların elde edilebileceğini düşündürmekle beraber yapılan çalışmalarda hem farklı frekansların değerlendirilmemesi hem de sadece yaşlı bireylerin dahil edildiği bir çalışmanın olmaması karşılaştırma yapılmasını güçleştirmektedir. Amplitüd asimetri oranında ise yapılan çalışmalarda yaş ile asimetri oranı arasında anlamlı seviyede korelasyon elde edilmemiştir (Lee vd., 2008; Maes vd., 2010; Singh vd., 2014; Su vd., 2004). Çalışmamızda ise benzer olarak 500 Hz ve 1000 Hz frekanslarda yaş ile asimetri oranı arasında anlamlı seviyede korelasyon gözlenmemiştir. Kullanılan 750 Hz frekansta ise yaş ile asimetri oranı arasında negatif yönde orta seviyede ($r=-0,400$), anlamlı korelasyon elde edilmiştir. Bu sonuçlar bilateral VKR yollarının yaşın artmasıyla birlikte meydana gelen değişimlerden

aynı oranda etkilendiğini gösterebilir. Bununla birlikte 750 Hz frekansta diğer çalışmalardan farklı sonuç elde edilmesi yaşlanmayla birlikte vestibüler sistemin frekans seçici özelliğindeki değişimlerden kaynaklı olabileceği gibi metodolojik farklılıklardan da kaynaklanabilir. Bu nedenle yaşlı bireylerle farklı frekanslarda yapılacak daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Özet olarak tüm bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar incelendiğinde yaşlanma süreci cVEMP yanıtlarını etkilemekte ve yaşlanmayla birlikte latans değerlerinde uzama ve amplitüdlere azalma gözlenmektedir. Çalışmamızda yetişkin ve yaşlı grup arasındaki karşılaştırmalarda elde edilen bulgular da bu yöndedir. Yaşlı grupta elde edilen sonuçlar ile literatürdeki çalışmalar arasında benzer ve farklı yönler bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda genellikle farklı yaş gruplarında 500 Hz’de cVEMP yanıtları karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda ise 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekanslar kullanılmış ve yaşlı bireyler kendi arasında değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda gözlenen farklılıklar hem değerlendirilen yaş grubunun farklı olması hem de metodolojik farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca en iyi cVEMP yanıtlarının 750 Hz ya da 1000 Hz frekanslarda elde edilmesi yapılan çalışmalarla benzerdir. Elde edilen bu sonuçlar yaşlanmayla birlikte sakkülde meydana gelen değişimlerin vestibüler sistem rezonans frekansının yüksek frekanslara doğru kaydığını göstermektedir. Bu da yaşlı bireylerde cVEMP değerlendirmesi yaparken daha yüksek frekansların kullanılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Böylece uyaran kaynaklı yanıt yokluğu en aza indirilerek yaşlı bireylerde patolojilerin tanısında cVEMP test bataryasının duyarlılığının artacağı düşünülmektedir.

Çalışmamızda bazı sınırlılıklar bulunmaktadır. Çalışmamız yaşlı grupla gerçekleştirildiği için değerlendirmeye alınan her birey yeterli SKM kas aktivasyonunu sağlayamamıştır. Bu nedenle çalışmaya dahil edilmemiştir. Ayrıca üç farklı frekans ve unilateral uyaram kullanıldığı için yaşlı bireylerin bazıları uzun süre SKM kasını kasmakta zorlanmıştır. Bu nedenle bu bireylerde uyaranlar arasındaki dinlenme süreleri arttırılmıştır. Bu da test süresinin uzamasına sebep olmuştur.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamız, yaşlılarda en iyi cVEMP yanıtlarının elde edilmesi için en uygun frekansın belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışmamız, ülkemizde yapılan ilk çalışma olacaktır. Çalışmamızda yetişkin grup (18-64 yaş) ve yaşlı grup (65-84 yaş) arasında 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekansta cVEMP parametreleri karşılaştırılmıştır. Yaşlı grupta ise kendi arasında 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekansta elde edilen cVEMP yanıtları cinsiyet, sağ-sol kulak ve frekansa göre karşılaştırılmıştır. Ayrıca yaşlı grupta yaş ile cVEMP yanıtları arasındaki ilişkiyi incelemek için korelasyon analizi yapılmıştır. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar aşağıda yer almaktadır;

- Yetişkin grupta (18-64 yaş) 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz frekansta yanıt oranları %100 elde edilmiştir. Yaşlı grupta ise, 750 Hz ve 1000 Hz’de yanıt oranları %100 elde edilirken 500 Hz’de %93 (30 katılımcıdan 28’inde) olarak elde edilmiştir.
- Yetişkin ve yaşlı grupta 500 Hz cVEMP sonuçları karşılaştırıldığında her iki kulakta da P1 latans, N1 latans ve P1-N1 amplitüd değerlerinde anlamlı fark gözlenmiş, P1 latans ve N1 latans değerleri yaşlı grupta daha geç, P1-N1 amplitüd değerleri ise yetişkin grupta daha büyük elde edilmiştir. P1-N1 interlatans ve amplitüd asimetri oranında anlamlı fark elde edilmemiştir.
- Yetişkin ve yaşlı grupta 750 Hz cVEMP sonuçları karşılaştırıldığında her iki kulakta da P1 latans, N1 latans, P1-N1 amplitüd değerleri ve amplitüd asimetri oranında anlamlı fark gözlenmiş, P1 latans ve N1 latans değerleri yaşlı grupta geç edilirken P1-N1 amplitüd değerleri ve amplitüd asimetri oranı yetişkin grupta daha büyük elde edilmiştir. P1-N1 interlatans değerlerinde anlamlı fark elde edilmemiştir.
- Yetişkin ve yaşlı grupta 1000 Hz cVEMP sonuçları karşılaştırıldığında her iki kulakta da P1 latans, N1 latans ve P1-N1 amplitüd değerlerinde anlamlı fark gözlenmiş, P1 latans ve N1 latans değerleri yaşlı grupta daha geç, P1-N1 amplitüd değerleri yetişkin grupta daha büyük elde edilmiştir. P1-N1 interlatans ve amplitüd asimetri oranında anlamlı fark elde edilmemiştir.
- Yaşlı grupta, erkek ve kadın katılımcılar arasında 500 Hz frekansta yapılan karşılaştırmada sol kulakta P1-N1 interlatans ve amplitüd asimetri oranında anlamlı fark gözlenirken, diğer ölçüm sonuçlarında anlamlı fark elde edilmemiştir.
- Yaşlı grupta, erkek ve kadın katılımcılar arasında 750 Hz frekansta yapılan karşılaştırmada her iki kulakta da anlamlı fark gözlenmemiştir.

- Yaşlı grupta, erkek ve kadın katılımcılar arasında 1000 Hz frekansta yapılan karşılaştırmada sol kulakta P1-N1 interlatans değerinde anlamlı fark gözlenirken, diğer ölçüm sonuçlarında anlamlı fark elde edilmemiştir.
- Yaşlı grupta, 500 Hz, 750 Hz ve 1000 Hz cVEMP sonuçlarının kulaklar arasında karşılaştırılması sonucunda sağ ve sol kulak arasında anlamlı fark elde edilmemiştir.
- Yaşlı grupta, frekanslar arası yapılan karşılaştırma sonucunda sağ kulakta N1 latans değerinde 500 Hz ile 1000 Hz arasında anlamlı fark gözlenip, 500 Hz’de daha geç yanıt elde edilmiştir. Sol kulakta P1 latans ve N1 latans değerinde 500 Hz ile 1000 Hz arasında anlamlı fark olup 500 Hz’de daha geç latans cevapları elde edilmiştir.
- Yaşlı grupta, frekanslar arası yapılan karşılaştırma sonucunda her iki kulakta da P1-N1 amplitüd değerinde hem 500 Hz ile 750 Hz arasında hem de 500 Hz ile 1000 Hz arasında anlamlı fark gözlenmiş, 750 Hz ve 1000 Hz’de elde edilen amplitüd değerleri 500 Hz’den daha büyük elde edilmiştir.
- Yaşlı grupta, frekanslar arası yapılan karşılaştırma sonucunda sağ kulakta P1 latans ve P1-N1 interlatansa, sol kulakta P1-N1 interlatansa ve amplitüd asimetri oranında anlamlı fark elde edilmemiştir.
- Yaşlı grupta, yapılan korelasyon analizi sonucunda yaş ile sağ kulak 500 Hz N1 latans değerinde pozitif yönde, sağ kulak 750 Hz P1-N1 amplitüd değerinde negatif yönde ve sol kulak 750 Hz amplitüd asimetri oranında negatif yönde anlamlı seviyede korelasyon elde edilmiştir.
- Diğer korelasyon bulgularında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmese de 500 Hz ve 750 Hz’de yaş ile P1 latans ve N1 latans değerleri arasında pozitif yönde, P1-N1 amplitüd değerleri arasında negatif yönde korelasyon elde edilmiştir. Yaş ile 1000 Hz P1 latans değeri arasında negatif yönde, N1 latans ve P1-N1 amplitüd değeri arasında ise pozitif yönde korelasyon gözlenmiştir.

Tüm bu sonuçlara bakıldığında yaşlanmayla birlikte vestibüler sistemde değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimler, vestibüler sistemin rezonans frekansını etkilemektedir. Bu da yaşlı bireylerde cVEMP yanıt oranlarında azalma, latanslarda uzama ve amplitüd değerlerinde düşüş olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak yaptığımız çalışmada da görüldüğü gibi yaşlı bireylerde cVEMP değerlendirmesi sırasında 500 Hz yerine 750 Hz veya 1000 Hz frekansların kullanılması elde edilen yanıt oranlarının artmasına ve daha büyük amplitüdlü yanıtların elde edilmesini sağlayacaktır. Ayrıca yaşlılıkta vestibüler patolojilerin görülme sıklığı artmaktadır ve bu patolojilerin tanısında VEMP test bataryası önemli bir yere sahiptir. Yaşlılarda uygun prosedürler kullanılmadığında, cVEMP sonuçlarında meydana gelen

değişimlerin patoloji kaynaklı mı yoksa yaşlanmadan kaynaklı mı olduğunu ayırt etmek zorlaşır. Bu nedenle yaşlılarda cVEMP testi uygulanırken yaş faktörü göz önünde bulundurulmalı ve daha güvenilir dalga formları elde edebilmek için yaşlı grupta uygun klinik protokoller kullanılmalıdır.

Yaşlı grupta farklı frekanslar kullanılarak yapılan sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Oluşturulacak protokollerin güvenilirliğini arttırmak için daha fazla katılımcı ile çalışmalar yapılmalıdır. Ayrıca oVEMP ve mVEMP için de yaşlılara uygun klinik protokollerin belirlendiği çalışmalar gerçekleştirilmelidir. Bununla birlikte yaşlı grupta Meniere Hastalığı gibi vestibüler patolojisi olan kişilerde frekans kaymasının değerlendirildiği araştırmalar da yaşlı popülasyonda vestibüler sistem çalışmalarına ışık tutacaktır.



KAYNAKLAR

- Agrawal, Y., Zuniga, M. G., Davalos-Bichara, M., Schubert, M. C., Walston, J. D., Hughes, J., & Carey, J. P. (2012). Decline in semicircular canal and otolith function with age. *Otology & Neurotology: Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 33(5), 832-839. <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e3182545061>
- Akin, F. W., Murnane, O. D., Panus, P. C., Caruthers, S. K., Wilkinson, A. E., & Proffitt, T. M. (2004). The influence of voluntary tonic EMG level on the vestibular-evoked myogenic potential. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 41(3B), 473-480. <https://doi.org/10.1682/jrrd.2003.04.0060>
- Akin, F. W., Murnane, O. D., & Proffitt, T. M. (2003). The effects of click and tone-burst stimulus parameters on the vestibular evoked myogenic potential (VEMP). *Journal of the American Academy of Audiology*, 14(9), 500-509; quiz 534-535. <https://doi.org/10.3766/jaaa.14.9.5>
- Akin, F. W., Murnane, O. D., Tampas, J. W., & Clinard, C. G. (2011). The effect of age on the vestibular evoked myogenic potential and sternocleidomastoid muscle tonic electromyogram level. *Ear & Hearing*, 32(5), 617-622. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e318213488e>
- Alvarez, J. C., Díaz, C., Suárez, C., Fernández, J. A., González del Rey, C., Navarro, A., & Tolivia, J. (1998). Neuronal loss in human medial vestibular nucleus. *The Anatomical Record*, 251(4), 431-438. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0185\(199808\)251:4<431:AID-AR2>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0185(199808)251:4<431:AID-AR2>3.0.CO;2-V)
- Alvarez, J. C., Díaz, C., Suárez, C., Fernández, J. A., González del Rey, C., Navarro, A., & Tolivia, J. (2000). Aging and the human vestibular nuclei: Morphometric analysis. *Mechanisms of Ageing and Development*, 114(3), 149-172. [https://doi.org/10.1016/S0047-6374\(00\)00098-1](https://doi.org/10.1016/S0047-6374(00)00098-1)
- Anniko, M. (1983). The aging vestibular hair cell. *American Journal of Otolaryngology*, 4(3), 151-160. [https://doi.org/10.1016/S0196-0709\(83\)80037-4](https://doi.org/10.1016/S0196-0709(83)80037-4)
- Ardıç, F. N. (2019). Denge sisteminin işleyişi. *Vertigo* (2. Baskı, ss. 1-20). İzmir: US Akademi.
- Atabek, P. M. (2020). *Effects of age and middle ear resonance on the frequency tuning of the cVEMP* [Doktora Tezi]. James Madison Üniversitesi. <https://commons.lib.jmu.edu/diss202029/16>
- Baloh, R. W., & Kerber, K. A. (2011). Overview of vestibular anatomy and physiology. *Clinical neurophysiology of the vestibular system* (4th ed, ss. 3-24). Oxford University Press.
- Barrett, K. E., Barman, S. M., Boitano, S., & Brooks, H. (2012). Hearing & Equilibrium. *Ganong's review of medical physiology* (24. bs, ss. 199-215). McGraw Hill Professional.
- Basta, D., Todt, I., & Ernst, A. (2005). Normative data for P1/N1-latencies of vestibular evoked myogenic potentials induced by air- or bone-conducted tone bursts. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 116(9), 2216-2219. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.06.010>

- Basta, D., Todt, I., & Ernst, A. (2007). Characterization of age-related changes in vestibular evoked myogenic potentials. *Journal of Vestibular Research: Equilibrium & Orientation*, 17(2-3), 93-98.
- Belal, A., & Glorig, A. (1986). Dysequilibrium of ageing (presbyastasis). *The Journal of Laryngology and Otology*, 100(9), 1037-1041. <https://doi.org/10.1017/s0022215100100520>
- Bergström, B. (1973). Morphology of the vestibular nerve: II. the number of myelinated vestibular nerve fibers in man at various ages. *Acta Oto-Laryngologica*, 76(2), 173-179. <https://doi.org/10.3109/00016487309121496>
- Blakley, B. W., & Wong, V. (2015). Normal values for cervical vestibular-evoked myogenic potentials. *Otology & Neurotology: Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 36(6), 1069-1073. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000000752>
- Brantberg, K., & Fransson, P. A. (2001). Symmetry measures of vestibular evoked myogenic potentials using objective detection criteria. *Scandinavian Audiology*, 30(3), 189-196. <https://doi.org/10.1080/010503901316914566>
- Brantberg, K., Granath, K., & Scharf, N. (2007). Age related changes in vestibular evoked myogenic potentials. *Audiology and Neurotology*, 12(4), 247-253. <https://doi.org/10.1159/000101332>
- Brodal, A. (1974). Anatomy of the vestibular nuclei and their connections. *Vestibular system part I: Basic mechanisms (C. 6 / 1 ss. 240-352)*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-65942-3>
- Bronstein, A. M., & Gresty, M. A. (1991). Compensatory eye movements in the presence of conflicting canal and otolith signals. *Experimental Brain Research*, 85(3), 697-700. <https://doi.org/10.1007/BF00231756>
- Brosel, S., & Strupp, M. (2019). The vestibular system and ageing. *Biochemistry and cell biology of ageing: Part II clinical science (C. 91, ss. 195-225)*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-3681-2>
- Bruniera, J. R. Z., Camiloti, J. F., Penha, O. D. M., Franco, P. P. R., Silva Junior, R. A. D., & Marchiori, L. L. D. M. (2015). Análise comparativa do equilíbrio postural pela posturografia em pacientes com vertigem isolada ou associada com perda auditiva. *Audiology - Communication Research*, 20(4), 321-326. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2014-1534>
- Can, M. İ., & Aslan, A. (2014). Yaşlanmanın moleküler temelleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 30(2), 107-112.
- Carnaúba, A. T. L., Farias, V. V., Santos, N., Oliveira, A. C. D., Rodrigues, R. G. D. S., & Menezes, P. D. L. (2011). Influence of gender on the vestibular evoked myogenic potential. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 77(2), 245-248. <https://doi.org/10.1590/S1808-86942011000200015>
- Cheng, P.-W., & Murofushi, T. (2001). The effect of rise/fall time on vestibular-evoked myogenic potential triggered by short tone bursts. *Acta Oto-Laryngologica*, 121(6), 696-699. <https://doi.org/10.1080/00016480152583638>

- Clark, J. G. (1981). Uses and abuses of hearing loss classification. *ASHA*, 23(7), 493-500.
- Colebatch, J. G., Halmagyi, G. M., & Skuse, N. F. (1994). Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 57(2), 190-197.
- Colebatch, J. G., & Rosengren, S. M. (2010). Vestibular-evoked myogenic potentials (VEMPs). *Vertigo and imbalance: Clinical neurophysiology of the vestibular system* (ss. 191-200). Elsevier.
- Colebatch, J., & Halmagyi, G. (1992). Vestibular evoked potentials in human neck muscles before and after unilateral vestibular deafferentation. *Neurology*, 42(8), 1635-1635. <https://doi.org/10.1212/WNL.42.8.1635>
- Crawford, A. C., & Fettiplace, R. (1981). An electrical tuning mechanism in turtle cochlear hair cells. *The Journal of Physiology*, 312, 377-412.
- Davis, A. C. (1990). Epidemiological profile of hearing impairments: The scale and nature of the problem with special reference to the elderly. *Acta Oto-Laryngologica. Supplementum*, 476, 23-31. <https://doi.org/10.3109/00016489109127252>
- de Lahunta, A., & Glass, E. (2009). Vestibular system: Special proprioception. *Veterinary neuroanatomy and clinical neurology* (3. bs, ss. 319-347). Elsevier. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7158276/>
- Della Santina, C. C., Potyagaylo, V., Migliaccio, A. A., Minor, L. B., & Carey, J. P. (2005). Orientation of human semicircular canals measured by three-dimensional multiplanar CT reconstruction. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 6, 191-206.
- Demirel, S. (2022). *Yaşlanmanın vestibüler sistem üzerine etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. İnönü Üniversitesi.
- Deriu, F., Tolu, E., & Rothwell, J. C. (2003). A short latency vestibulomasseteric reflex evoked by electrical stimulation over the mastoid in healthy humans. *The Journal of Physiology*, 553(Pt 1), 267-279. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.047274>
- Deriu, F., Tolu, E., & Rothwell, J. C. (2005). A sound-evoked vestibulomasseteric reflex in healthy humans. *Journal of Neurophysiology*, 93(5), 2739-2751. <https://doi.org/10.1152/jn.01005.2004>
- Dickman, J. D. (2018). The vestibular system. *Fundamental neuroscience for basic and clinical applications* (ss. 320-333.e1). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39632-5.00022-0>
- Don, M., Ponton, C. W., Eggermont, J. J., & Masuda, A. (1994). Auditory brainstem response (ABR) peak amplitude variability reflects individual differences in cochlear response times. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 96(6), 3476-3491. <https://doi.org/10.1121/1.410608>
- Dorbeau, C., Bourget, K., Renard, L., Calais, C., & Bakhos, D. (2021). Vestibular evoked myogenic potentials. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 138(6), 483-488. <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2021.01.001>

- Eggers, S. D. Z. (2016). Practical anatomy and physiology of the ocular motor system. *Balance function assessment and management* (2. bs, ss. 17-45). Plural Publishing Inc.
- Eleftheriadou, A., & Koudounarakis, E. (2011). Vestibular-evoked myogenic potentials eliciting: An overview. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 268(3), 331-339. <https://doi.org/10.1007/s00405-010-1408-7>
- Engström, H., Bergström, B., & Rosenhall, U. (1974). Vestibular sensory epithelia. *Archives of Otolaryngology* (Chicago, Ill.: 1960), 100(6), 411-418. <https://doi.org/10.1001/archotol.1974.00780040425002>
- Erbek, H. S. (2019). Vestibüler uyarılmış kas potansiyelleri (VEMP). *Vertigo* (2. Baskı, ss. 179-189). İzmir: US Akademi.
- Fernández, C., & Goldberg, J. M. (1976). Physiology of peripheral neurons innervating otolith organs of the squirrel monkey. I. Response to static tilts and to long-duration centrifugal force. *Journal of Neurophysiology*, 39(5), 970-984. <https://doi.org/10.1152/jn.1976.39.5.970>
- Fetter, M. (2007). Vestibulo-ocular reflex. *Neuro-ophthalmology: Neuronal control of eye movements* (C. 40, ss. 35-51). KARGER. <https://doi.org/10.1159/000100348>
- Fettiplace, R., & Fuchs, P. A. (1999). Mechanisms of hair cell tuning. *Annual Review of Physiology*, 61(1), 809-834. <https://doi.org/10.1146/annurev.physiol.61.1.809>
- Fife, T. D. (2010). Overview of anatomy and physiology of the vestibular system. *Handbook of clinical neurophysiology* (C. 9, ss. 5-17). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1567-4231\(10\)09002-7](https://doi.org/10.1016/S1567-4231(10)09002-7)
- Fu, W., Han, J., He, F., Wang, Y., Wei, D., Shi, Y., Bai, Y., & Wang, X. (2021). Effect of stimulus frequency on air-conducted vestibular evoked myogenic potentials. *The Journal of International Advanced Otolaryngology*, 17(5), 422-425. <https://doi.org/10.5152/iao.2021.8836>
- Furman, J. M., & Redfern, M. S. (2001). Effect of aging on the otolith-ocular reflex. *Journal of Vestibular Research*, 11(2), 91-103. <https://doi.org/10.3233/VES-2001-11204>
- Gacek, R. R. (2002). Neuroanatomy of the nerves in the temporal bone. *Advances in oto-rhino-laryngology* (C. 60, ss. 12-31). KARGER. <https://doi.org/10.1159/000059262>
- Gacek, R. R., & Gacek, M. R. (1996). Anatomy of the auditory and vestibular systems. *Otorhinolaryngology: Head and neck surgery* (16. bs, ss. 1-24). Williams & Wilkins.
- Gattie, M., Lieven, E. V. M., & Kluk, K. (2023). *Sexual Dimorphism in VEMP peak to trough Latency*. <https://doi.org/10.1101/2023.04.14.536930>
- Giardino, L., Zanni, M., Fernandez, M., Battaglia, A., Pignataro, O., & Calzà, L. (2002). Plasticity of GABA(a) system during ageing: Focus on vestibular compensation and possible pharmacological intervention. *Brain Research*, 929(1), 76-86. [https://doi.org/10.1016/S0006-8993\(01\)03381-9](https://doi.org/10.1016/S0006-8993(01)03381-9)

- Goldberg, J. M., & Cullen, K. E. (2011). Vestibular control of the head: Possible functions of the vestibulocollic reflex. *Experimental Brain Research*, 210(3), 331-345. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2611-5>
- Goldberg, J. M., & Fernandez, C. (1971). Physiology of peripheral neurons innervating semicircular canals of the squirrel monkey. I. Resting discharge and response to constant angular accelerations. *Journal of Neurophysiology*, 34(4), 635-660. <https://doi.org/10.1152/jn.1971.34.4.635>
- Goldberg, M. E., Walker, M. F., & Hudspeth, A. J. (2014). The vestibular system. *Principles of neural science* (5. bs, ss. 917-934). McGraw-Hill Education.
- Göka, E., & Aydemir, Ç. (2000). Yaşlıya ve demanslı hastaya psikososyal yaklaşım. *Demans Dizisi*, 2(1), 5-26.
- Hain, T. C., & Helminski, J. O. (2007). Anatomy and physiology of the normal vestibular system. *Vestibular rehabilitation* (3. bs, ss. 2-19). F. A. Davis Company.
- Halmagyi, G. M., & Curthoys, I. S. (2007). Otolith function tests. *Vestibular rehabilitation* (ss. 144-161). F. A. Davis Company.
- Hillman, D. E., & McLaren, J. W. (1979). Displacement configuration of semicircular canal cupulae. *Neuroscience*, 4(12), 1989-2000. [https://doi.org/10.1016/0306-4522\(79\)90070-8](https://doi.org/10.1016/0306-4522(79)90070-8)
- Igarashi, M., Saito, R., Mizukoshi, K., & Alford, B. R. (1993). Otoconia in young and elderly persons: A temporal bone study. *Acta Oto-Laryngologica*, 113(sup504), 26-29. <https://doi.org/10.3109/00016489309128117>
- Isaradisaikul, S., Navacharoen, N., Hanprasertpong, C., & Kangsanarak, J. (2012). Cervical vestibular-evoked myogenic potentials: Norms and protocols. *International Journal of Otolaryngology*, 2012, 913515. <https://doi.org/10.1155/2012/913515>
- Isaradisaikul, S., Strong, D. A., Moushey, J. M., Gabbard, S. A., Ackley, S. R., & Jenkins, H. A. (2008). Reliability of vestibular evoked myogenic potentials in healthy subjects. *Otology & Neurotology*, 29(4), 542. <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e31816c7c25>
- Jacobson, G. P., McCaslin, D. L., Piker, E. G., Gruenwald, J., Grantham, S. L., & Tegel, L. (2011). Patterns of abnormality in cVEMP, oVEMP, and caloric tests may provide topological information about vestibular impairment. *Journal of the American Academy of Audiology*, 22(9), 601-611. <https://doi.org/10.3766/jaaa.22.9.5>
- Jahn, K. (2019). The aging vestibular system: Dizziness and imbalance in the elderly. *Advances in otorhino-laryngology* (C. 82, ss. 143-149). S. Karger AG. <https://doi.org/10.1159/000490283>
- Jahn, K., Naessl, A., Schneider, E., Strupp, M., Brandt, T., & Dieterich, M. (2003). Inverse u-shaped curve for age dependency of torsional eye movement responses to galvanic vestibular stimulation. *Brain: A Journal of Neurology*, 126(Pt 7), 1579-1589. <https://doi.org/10.1093/brain/awg163>

- Jang, Y. S., Hwang, C. H., Shin, J. Y., Bae, W. Y., & Kim, L. S. (2006). Age-related changes on the morphology of the otoconia. *The Laryngoscope*, 116(6), 996-1001. <https://doi.org/10.1097/01.mlg.0000217238.84401.03>
- Janky, K. L., & Shepard, N. (2009). Vestibular evoked myogenic potential (VEMP) testing: Normative threshold response curves and effects of age. *Journal of the American Academy of Audiology*, 20(08), 514-522. <https://doi.org/10.3766/jaaa.20.8.6>
- Jerger, J. (1970). Clinical experience with impedance audiometry. *Archives of Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 92(4), 311-324. <https://doi.org/10.1001/archotol.1970.04310040005002>
- Ji, L., & Zhai, S. (2018). Aging and the peripheral vestibular system. *Journal of Otology*, 13(4), 138-140. <https://doi.org/10.1016/j.joto.2018.11.006>
- Jönsson, R., Sixt, E., Landahl, S., & Rosenhall, U. (2004). Prevalence of dizziness and vertigo in an urban elderly population. *Journal of Vestibular Research: Equilibrium & Orientation*, 14(1), 47-52.
- Kalache, A. (1999). Ageing: A global perspective. *Community Eye Health*, 12(29), 1-4.
- Khan, S., & Chang, R. (2013). Anatomy of the vestibular system: A review. *NeuroRehabilitation*, 32(3), 437-443. <https://doi.org/10.3233/NRE-130866>
- Kotchabhakdi, N., & Walberg, F. (1978). Cerebellar afferent projections from the vestibular nuclei in the cat: An experimental study with the method of retrograde axonal transport of horseradish peroxidase. *Experimental Brain Research*, 31(4). <https://doi.org/10.1007/BF00239814>
- Kumar, K., Bhat, J. S., & Varghese, A. L. (2018). Test-retest reliability of vestibular evoked myogenic potential across different age groups. *The International Tinnitus Journal*, 22(2). <https://doi.org/10.5935/0946-5448.20180018>
- Lee, S. K., Il Cha, C., Jung, T. S., Park, D. C., & Yeo, S. G. (2008). Age-related differences in parameters of vestibular evoked myogenic potentials. *Acta Oto-Laryngologica*, 128(1), 66-72. <https://doi.org/10.1080/00016480701387108>
- Li, C., Layman, A. J., Carey, J. P., & Agrawal, Y. (2015). Epidemiology of vestibular evoked myogenic potentials: Data from the Baltimore longitudinal study of aging. *Clinical Neurophysiology*, 126(11), 2207-2215. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.01.008>
- Lim, C. L., Clouston, P., Sheean, G., & Yiannikas, C. (1995). The influence of voluntary EMG activity and click intensity on the vestibular click evoked myogenic potential. *Muscle & Nerve*, 18(10), 1210-1213. <https://doi.org/10.1002/mus.880181021>
- Lin, M.-Y., Timmer, F. C. A., Oriel, B. S., Zhou, G., Guinan, J. J., Kujawa, S. G., Herrmann, B. S., Merchant, S. N., & Rauch, S. D. (2006). Vestibular evoked myogenic potentials (VEMP) can detect asymptomatic saccular hydrops. *The Laryngoscope*, 116(6), 987-992. <https://doi.org/10.1097/01.mlg.0000216815.75512.03>
- Lins, U., Farina, M., Kurc, M., Riordan, G., Thalmann, R., Thalmann, I., & Kachar, B. (2000). The otoconia of the guinea pig utricle: Internal structure, surface exposure, and interactions with

the filament matrix. *Journal of Structural Biology*, 131(1), 67-78.
<https://doi.org/10.1006/jsbi.2000.4260>

- Lonsbury-Martin, B. L., Martin, G. K., & Luebke, A. E. (1996). Physiology of the auditory and vestibular systems. *Otorhinolaryngology: Head and neck surgery* (16. bs, ss. 68-133). Williams & Wilkins.
- Lopez, I., Honrubia, V., & Baloh, R. W. (1997). Aging and the human vestibular nucleus. *Journal of Vestibular Research*, 7(1), 77-85. <https://doi.org/10.3233/VES-1997-7107>
- Maes, L., Dhooge, I., D'haenens, W., Bockstael, A., Keppler, H., Philips, B., Swinnen, F., & Vinck, B. M. (2010). The effect of age on the sinusoidal harmonic acceleration test, pseudorandom rotation test, velocity step test, caloric test, and vestibular-evoked myogenic potential test. *Ear & Hearing*, 31(1), 84-94. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181b9640e>
- Maheu, M., Nooristani, M., Kaci, B., Moïn-Darbari, K., Bacon, B.-A., & Champoux, F. (2021). The aging-related decrease in cVEMP amplitude cannot be accounted for by normalization. *Journal of Vestibular Research: Equilibrium & Orientation*, 31(5), 375-380. <https://doi.org/10.3233/VES-201515>
- Maleki, M., Jafari, Z., Zarrinkoob, H., & Akbarzadeh Baghban, A. (2014). Effect of aging on saccular function. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*, 28, 117.
- Mandal, V., & Barman, A. (2010). Effect of ageing on vestibular evoked myogenic potential. *Student research at AIISH* (8. bs, ss. 276-283). All India Institute of Speech and Hearing. https://www.researchgate.net/publication/281457183_Effect_of_Ageing_on_Vestibular_Evoked_Myogenic_Potential
- McCaslin, D. L., & Jacobson, G. P. (2016). Vestibular-evoked myogenic potentials (VEMPs). *Balance function assessment and management* (Second edition, ss. 533-579). Plural Publishing Inc.
- Merchant, S. N., Velázquez-Villaseñor, L., Tsuji, K., Glynn, R. J., Wall, C., & Rauch, S. D. (2000). Temporal bone studies of the human peripheral vestibular system: Normative vestibular hair cell data. *The Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology. Supplement*, 181, 3-13. <https://doi.org/10.1177/00034894001090s502>
- Murofushi, T. (2009). Recording and Assessing VEMPs. *Vestibular evoked myogenic potential: Its basics and clinical applications* (ss. 25-33). Springer.
- Murofushi, T., Matsuzaki, M., & Wu, C. H. (1999). Short tone burst-evoked myogenic potentials on the sternocleidomastoid muscle: Are these potentials also of vestibular origin?. *Archives of Otolaryngology--Head & Neck Surgery*, 125(6), 660-664. <https://doi.org/10.1001/archotol.125.6.660>
- Nandi, R., & Luxon, L. M. (2008). Development and assessment of the vestibular system. *International Journal of Audiology*, 47(9), 566-577. <https://doi.org/10.1080/14992020802324540>
- Nash, S. D., Cruickshanks, K. J., Klein, R., Klein, B. E. K., Nieto, F. J., Huang, G. H., Pankow, J. S., & Tweed, T. S. (2011). The prevalence of hearing impairment and associated risk factors: The Beaver Dam Offspring Study. *Archives of Otolaryngology--Head & Neck Surgery*, 137(5), 432-439. <https://doi.org/10.1001/archoto.2011.15>

- Nguyen, K. D., Welgampola, M. S., & Carey, J. P. (2010). Test-retest reliability and age-related characteristics of the ocular and cervical vestibular evoked myogenic potential tests. *Otology & Neurotology*, 31(5), 793-802. <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e3181e3d60e>
- Nikiforidis, G. C., Koutsojannis, C. M., Varakis, J. N., & Goumas, P. D. (1993). Reduced variance in the latency and amplitude of the fifth wave of auditory brain stem response after normalization for head size. *Ear and Hearing*, 14(6), 423-428. <https://doi.org/10.1097/00003446-199312000-00008>
- Node, M., Seo, T., Miyamoto, A., Adachi, A., Hashimoto, M., & Sakagami, M. (2005). Frequency dynamics shift of vestibular evoked myogenic potentials in patients with endolymphatic hydrops. *Otology & Neurotology: Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 26(6), 1208-1213. <https://doi.org/10.1097/01.mao.0000176172.87141.5d>
- Ochi, K., & Ohashi, T. (2003). Age-related changes in the vestibular-evoked myogenic potentials. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 129(6), 655-659. <https://doi.org/10.1016/S0194-59980301578-X>
- O'Reilly, R., Morlet, T., Grindle, C., Zwicky, E., & Field, E. (2019). Development of the vestibular system and of balance function: Differential diagnosis in the pediatric population. *Dizziness and vertigo across the lifespan* (ss. 31-45). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-55136-6.00003-4>
- Paplou, V., Schubert, N. M. A., & Pyott, S. J. (2021). Age-related changes in the cochlea and vestibule: Shared patterns and processes. *Frontiers in Neuroscience*, 15, 680856. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.680856>
- Park, H. J., Lee, I.-S., Shin, J. E., Lee, Y. J., & Park, M. S. (2010). Frequency-tuning characteristics of cervical and ocular vestibular evoked myogenic potentials induced by air-conducted tone bursts. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 121(1), 85-89. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2009.10.003>
- Park, J. J., Tang, Y., Lopez, I., & Ishiyama, A. (2001). Unbiased estimation of human vestibular ganglion neurons. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 942, 475-478. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2001.tb03773.x>
- Piker, E. G., Baloh, R. W., Witsell, D. L., Garrison, D. B., & Lee, W. T. (2015). Assessment of the clinical utility of cervical and ocular vestibular evoked myogenic potential testing in elderly patients. *Otology & Neurotology: Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 36(7), 1238-1244. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000000793>
- Piker, E. G., Jacobson, G. P., Burkard, R. F., McCaslin, D. L., & Hood, L. J. (2013). Effects of age on the tuning of the cVEMP and oVEMP. *Ear & Hearing*, 34(6), e65-e73. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e31828fc9f2>
- Pozzo, T., Berthoz, A., & Popov, C. (1994). The effect of gravity on the coordination between posture and movement. In K. Taguchi, M. Igarashi, & S. Mori (Ed.), *Vestibular and neural front: Proceedings of the 12th international symposium on posture and gait* (ss. 589-602). Elsevier.

- Rabbitt, R. D., Damiano, E. R., & Grant, J. W. (2004). Biomechanics of the semicircular canals and otolith organs. *The vestibular system* (C. 19, ss. 153-201). Springer New York. https://doi.org/10.1007/0-387-21567-0_4
- Rauch, S. D., Velazquez-Villaseñor, L., Dimitri, P. S., & Merchant, S. N. (2001). Decreasing hair cell counts in aging humans. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 942(1), 220-227. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2001.tb03748.x>
- Rauch, S. D., Zhou, G., Kujawa, S. G., Guinan, J. J., & Herrmann, B. S. (2004). Vestibular evoked myogenic potentials show altered tuning in patients with Ménière's disease. *Otology & Neurotology: Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 25(3), 333-338. <https://doi.org/10.1097/00129492-200405000-00022>
- Richter, E. (1980). Quantitative study of human Scarpa's ganglion and vestibular sensory epithelia. *Acta Oto-Laryngologica*, 90(3-4), 199-208. <https://doi.org/10.3109/00016488009131716>
- Ropper, A. H., & Samuels, M. A. (2009). Deafness, dizziness and disorders of equilibrium. *Adams and Victor's principles of neurology* (9. bs, ss. 276-301). McGraw Hill Professional.
- Rosengren, S. M., Colebatch, J. G., Young, A. S., Govender, S., & Welgampola, M. S. (2019). Vestibular evoked myogenic potentials in practice: Methods, pitfalls and clinical applications. *Clinical Neurophysiology Practice*, 4, 47-68. <https://doi.org/10.1016/j.cnp.2019.01.005>
- Rosengren, S. M., Govender, S., & Colebatch, J. G. (2011). Ocular and cervical vestibular evoked myogenic potentials produced by air- and bone-conducted stimuli: Comparative properties and effects of age. *Clinical Neurophysiology*, 122(11), 2282-2289. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2011.04.001>
- Rosengren, S. M., Welgampola, M. S., & Colebatch, J. G. (2010). Vestibular evoked myogenic potentials: Past, present and future. *Clinical Neurophysiology*, 121(5), 636-651. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2009.10.016>
- Rosenhall, U. (1973). Degenerative patterns in the aging human vestibular neuro-epithelia. *Acta Oto-Laryngologica*, 76(1-6), 208-220. <https://doi.org/10.3109/00016487309121501>
- Rosenhall, U., & Rubin, W. (1975). Degenerative changes in the human vestibular sensory epithelia. *Acta Oto-Laryngologica*, 79(1-2), 67-80. <https://doi.org/10.3109/00016487509124657>
- Ross, M. D., Johnsson, L.-G., Peacor, D., & Allard, L. F. (1976). Observations on normal and degenerating human otoconia. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 85(3), 310-326. <https://doi.org/10.1177/000348947608500302>
- Sayed, S. Z., & Abdul Wahat, N. H. (2022). Effects of age on cervical vestibular evoked myogenic potentials and ocular vestibular evoked myogenic potentials using 750 Hz tone burst stimuli among healthy adults. *Malaysian Journal of Medical Sciences*, 29(4), 53-64. <https://doi.org/10.21315/mjms2022.29.4.6>
- Schubert, M. C., & Shepard, N. T. (2016). Practical anatomy and physiology of the vestibular system. *Balance function assessment and management* (2. bs). Plural Publishing Inc.

- Schuknecht, H. F., Icarashi, M., & Gacek, R. R. (1965). The pathological types of cochleo-saccular degeneration. *Acta Oto-Laryngologica*, 59(2-6), 154-170. <https://doi.org/10.3109/00016486509124549>
- Singh, N. K., Kashyap, R. S., Supreetha, L., & Sahana, V. (2014). Characterization of age-related changes in sacculocolic response parameters assessed by cervical vestibular evoked myogenic potentials. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 271(7), 1869-1877. <https://doi.org/10.1007/s00405-013-2672-0>
- Su, H.-C., Huang, T.-W., Young, Y.-H., & Cheng, P.-W. (2004). Aging effect on vestibular evoked myogenic potential. *Otology & Neurotology*, 25(6), 977-980. <https://doi.org/10.1097/00129492-200411000-00019>
- Tereci, D., Turan, G., Kasa, N., Öncel, T., & Arslansoyu, N. (2016). Yaşlılık kavramına bir bakış. *Ufuk Ötesi Bilim Dergisi*, 16(1), 84-116.
- Thalmann, R., Ignatova, E., Kachar, B., Ornitz, D. M., & Thalmann, I. (2001). Development and maintenance of otoconia: Biochemical considerations. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 942(1), 162-178. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2001.tb03743.x>
- Thomas, E., Martinez, F., Bianco, A., Messina, G., Giustino, V., Zangla, D., Iovane, A., & Palma, A. (2018). Decreased postural control in people with moderate hearing loss. *Medicine*, 97(14). <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000010244>
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2025, 13 Mart). İstatistiklerle yaşlılar, 2024 (Yayın no. 54079). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Elderly-Statistics-2024-54079>
- United Nations (Ed.). (2001). *World population ageing, 1950-2050*. United Nations.
- Velázquez-Villaseñor, L., Merchant, S. N., Tsuji, K., Glynn, R. J., Wall, C., & Rauch, S. D. (2000). Temporal bone studies of the human peripheral vestibular system: Normative scarpa's ganglion cell data. *The Annals of Otology, Rhinology & Laryngology. Supplement*, 181, 14-19. <https://doi.org/10.1177/00034894001090s503>
- Vidal, P. P., Cullen, K., Curthoys, I. S., Du Lac, S., Holstein, G., Idoux, E., Lysakowski, A., Peusner, K., Sans, A., & Smith, P. (2015). The vestibular system. *The rat nervous system* (4. bs, ss. 805-864). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374245-2.00028-0>
- Walther, L. E., & Westhofen, M. (2007). Presbyvertigo-aging of otoconia and vestibular sensory cells. *Journal of Vestibular Research: Equilibrium & Orientation*, 17(2-3), 89-92.
- Weber, K. P., Rosengren, S. M., Michels, R., Sturm, V., Straumann, D., & Landau, K. (2012). Single motor unit activity in human extraocular muscles during the vestibulo-ocular reflex. *The Journal of Physiology*, 590(13), 3091-3101. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.226225>
- Welgampola, M. S., & Colebatch, J. G. (2001a). Characteristics of tone burst-evoked myogenic potentials in the sternocleidomastoid muscles. *Otology & Neurotology*, 22(6), 796-802. <https://doi.org/10.1097/00129492-200111000-00014>

- Welgampola, M. S., & Colebatch, J. G. (2001b). Vestibulocollic reflexes: Normal values and the effect of age. *Clinical Neurophysiology*, 112(11), 1971-1979. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(01\)00645-9](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(01)00645-9)
- Welgampola, M. S., & Colebatch, J. G. (2005). Characteristics and clinical applications of vestibular-evoked myogenic potentials. *Neurology*, 64(10), 1682-1688. <https://doi.org/10.1212/01.WNL.0000161876.20552.AA>
- World Health Organization. (2001). Men ageing and health-achieving health across the life Span. *World Health Organization*. <https://iris.who.int/handle/10665/66941>
- World Health Organization. (2011). *Global health and aging* (Nos. 11-7737; s. 32). U.S. Department of Health and Human Services.
- Yerli, G. (2017). Yaşlılık dönemi özellikleri ve yaşlılara yönelik sosyal hizmetler. *Journal of International Social Research*, 10(52), 1278-1287. <https://doi.org/10.17719/jisr.2017.1979>
- Yiğit, Ö., Avcı, N. B., & Aksoy, S. (2022). Geriatrik bireylerde işitme kaybı ve denge becerilerinin incelenmesi: Retrospektif çalışma. *Hacettepe University Faculty of Health Sciences Journal*, 9(2), 387-402. <https://doi.org/10.21020/husbfd.1021493>
- Young, E. D., Fernández, C., & Goldberg, J. M. (1977). Responses of squirrel monkey vestibular neurons to audio-frequency sound and head vibration. *Acta Oto-Laryngologica*, 84, 352-360. <https://doi.org/10.3109/00016487709123977>
- Young, Y.-H. (2006). Vestibular evoked myogenic potentials: Optimal stimulation and clinical application. *Journal of Biomedical Science*, 13(6), 745-751. <https://doi.org/10.1007/s11373-006-9106-6>
- Zaleski-King, A. C., Lai, W., & Sweeney, A. D. (2019). Anatomy and physiology of the vestibular system. *Diagnosis and treatment of vestibular disorders* (ss. 3-16). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97858-1_1
- Zalewski, C. (2015). Aging of the human vestibular system. *Seminars in Hearing*, 36(03), 175-196. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1555120>
- Zapala, D. A., & Brey, R. H. (2004). Clinical experience with the vestibular evoked myogenic potential. *Journal of the American Academy of Audiology*, 15(3), 198-215. <https://doi.org/10.3766/jaaa.15.3.3>
- Zarit, S. H., & Zarit, J. M. (2011). *Mental disorders in older adults: Fundamentals of assessment and treatment* (2. bs, C. 37). Guilford Press.

EKLER

Ek-1. Etik Kurul Onayı

İNSAN ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU KARAR FORMU	
ETİK KURULUN ADI	ANKARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ İNSAN ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU
AÇIK ADRES	Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Morfoloji Binası 06100 Sıhhiye/ANKARA
TELEFON	0312 595 82 27
E-POSTA	tipinsanetik@ankara.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Başvuru No: 2025000087(2025/87) Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyellerde Yaşlılığın Frekans Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi	
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI ÜNVANI/ADI/SOYADI	Doç. Dr. Emre OCAK	
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ ÜNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)		
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun ve Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı	
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	İLK MERKEZ ☒	ÇOK MERKEZLİ ☐

KARAR BİLGİLERİ	Karar No:102-116-25	Tarih: 20 Şubat 2025
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir	

İNSAN ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU				
ÇALIŞMA ESASI	İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu			
BAŞKAN ÜNVANI/ADI /SOYADI	Prof. Dr. Hakan ERGÜN			
Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Araştırma ile ilişkisi	İmza
Prof. Dr. Hakan ERGÜN	Tıbbi Farmakoloji	A.U. Tıp Fakültesi	E ☐ H ☒	
Prof. Dr. Berna ARDA	Tıp Tarihi ve Etik	A.U. Tıp Fakültesi	E ☐ H ☒	
Prof. Dr. Hatice İLGİN RUHI	Tıbbi Genetik	A.U. Tıp Fakültesi	F ☐ H ☒	
Prof. Dr. Sevim AYDIN	Histoloji ve Embriyoloji	A.U. Tıp Fakültesi	E ☐ H ☒	
Prof. Dr. Berna SAVAŞ	Tıbbi Patoloji	A.U. Tıp Fakültesi	E ☐ H ☒	
Prof. Dr. Yüksel ÜRÜN	Tıbbi Onkoloji	A.U. Tıp Fakültesi	E ☐ H ☒	
Prof. Dr. Başak Ceyda MEÇO	Anesteziyoloji ve Reanimasyon	A.U. Tıp Fakültesi	E ☐ H ☒	
Doç. Dr. Emel OKULLU	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	A.U. Tıp Fakültesi	E ☐ H ☒	
Doç. Dr. Zehide Çiler BUYUKATAIAY YALDIZ	Kulak, Burun ve Boğaz Hastalıkları	A.U. Tıp Fakültesi	E ☐ H ☒	
Doç. Dr. Rezzak YILMAZ	Noroloji	A.U. Tıp Fakültesi	E ☐ H ☒	
Doç. Dr. Serkan AKBULUT	Cerrahi Onkoloji	A.U. Tıp Fakültesi	E ☐ H ☒	
Doç. Dr. Miraç YILDIRIM	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	A.U. Tıp Fakültesi	E ☐ H ☒	
Dr. Öğr. Üyesi Deniz DOĞAN MÜLAZIMOĞLU	Göğüs Hastalıkları	A.U. Tıp Fakültesi	E ☐ H ☒	
Dr. Öğr. Üyesi Cansu Yahya BOZTUĞ	Genel Cerrahi	A.U. Tıp Fakültesi	E ☐ H ☒	
Dr. İrem KAR	Biyostatistik	A.U. Tıp Fakültesi	E ☐ H ☒	

Ek-2. Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ ONAM FORMU

Araştırmanın Adı: Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyellerde Yaşlılığın Frekans Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi

Sayın katılımcı,

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları programında yüksek lisans öğrencisi olan odyolog Beyza ŞENOL tarafından planlanmış olan ve Doç. Dr. Emre OCAK'ın sorumlusu olduğu yukarıda adı yazılı araştırmaya katılmaya davet edilmiş bulunuyorsunuz. Bu araştırmada yer almayı kabul etmeden önce, araştırmanın ne amaçla yapılmak istendiğini anlamanız ve kararınızı bu bilgilendirme çerçevesinde özgürce vermeniz gerekmektedir. Aşağıdaki bilgileri lütfen dikkatlice okuyunuz, sorularınız olursa sorunuz ve açık yanıtlar isteyiniz. Araştırma hakkında tam olarak bilgi sahibi olduktan ve sorularınız cevaplandıktan sonra eğer çalışmaya katılmak isterseniz sizden bu formu imzalamanız istenecektir

Bu araştırmanın amacı yaşlı grupta, elde edilen servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel (cVEMP) yanıt oranını arttırmak için tone burst uyaranda en iyi frekansı tanımlamaktır. Araştırmaya 52 kişinin dahil edilmesi planlanmaktadır. Araştırmaya dahil edilebilmeniz için gereken koşullar; 18- 84 yaş arasında olmak, otoskopik muayenesi normal olmak, tip A timpanogram ve normal akustik refleks sonucuna sahip olmak, odyolojik tetkik sonucunda iletim tipi veya mikst tip işitme kaybına sahip olmamak, geçmiş ya da mevcut baş dönmesi veya dengesizlik şikayetleri olmamak, otolojik, nörolojik ve metabolik hastalıklara sahip olmamak, kafa travması ve boyun problemleri olmamak, bilişsel ve zihinsel bir problemi olmamak ve gönüllü olarak araştırmaya katılmak isteyip bilgilendirilmiş gönüllü onam formunu imzalamış olmaktır.

Araştırmaya katılmayı kabul etmeniz durumunda ilk olarak demografik bilgi formunun doldurulması istenecektir. Sonrasında otoskopik muayene ve işitme değerlendirilmesi yapılacaktır. İşitme değerlendirmesine ilk olarak timpanometri testi ile başlanacaktır. Timpanometri testinde dış kulak yolunuza yerleştirilen bir ses iletici ile kulak zarı ve orta kulak fonksiyonlarınız değerlendirilecektir. Bu test yaklaşık 5 dakika sürecektir. Sonrasında saf ses odyometri testi gerçekleştirilecektir. Kulağınıza kulaklık takılacak ve bir cevap butonu verilecektir. Kulaklıklar aracılığı ile kulağa farklı frekanslarda ses verilecek ve sizden sesi duyduğunuz zaman elinizdeki butona basmanız istenecektir. Bu şekilde her iki kulak için duyabildiğiniz en düşük ses seviyesi olarak işitme eşiği belirlenecektir. Okunan kelimeleri tekrar etmeniz istenerek konuşmayı alma ve konuşmayı ayırt etme testleri uygulanacaktır. Bu testler ile konuşmayı algılama becerisi değerlendirilecektir. Testler yaklaşık 15 dakika sürecektir. İşitme değerlendirmesi bittikten sonra servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel (cVEMP) testine geçilecektir. cVEMP, akustik uyarana verilen cevabın boyun kası (sternoklomidomastoid kası) üzerine yerleştirilen elektrotlarla kaydedilmesine dayanan bir test yöntemidir. Yanıtlar yüzünüze ve boynunuza yerleştirilen yapışkanlı elektrotlar ile elde edilecektir. Test sırasında bu kasın kasılması istenecektir. Acısız ve ağrısız bir testtir. Bu test yaklaşık 25 dakika sürecektir. cVEMP testi ile değerlendirme tamamlanacaktır.

Formların doldurulması ile birlikte testlerin tamamlanması yaklaşık 60 dakika sürecektir. Bu araştırmada sizin için herhangi bir risk ya da zarar söz konusu değildir. Araştırmaya katılmanız halinde sizden herhangi bir ücret talep edilmeyecek ve size herhangi bir ücret ödenmeyecektir.

Ek-2. (Devam) Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu

Bu araştırmada yer almak tümüyle **gönüllülük** esasına dayanmaktadır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da başladıktan sonra yarıda bırakabilirsiniz. Bu araştırmanın sonuçları **bilimsel amaçlar** için kullanılacaktır. Araştırmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından araştırmadan çıkarılmanız halinde, sizle ilgili veriler kullanılmayacaktır. Ancak veriler bir kez anonimleştikten sonra araştırmadan çekilmeniz mümkün olmayacaktır. **Sizden elde edilen tüm bilgiler gizli tutulacak, araştırma yayınlandığında da varsa kimlik bilgilerinizin gizliliği korunacaktır.**

Araştırma ile ilgili bir sorunuz olduğunda ya da araştırma ile ilgili ek bilgiye ihtiyacınız olduğunda aşağıdaki kişiler ile lütfen iletişime geçiniz.

Adı Soyadı: Beyza ŞENOL

Görevi: Odyolog

Telefon:

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllülere verilmesi gereken bilgileri içeren metni okudum (ya da sözlü olarak dinledim). Eksik kaldığını düşündüğüm konularda sorularımı araştırmacılara sordum ve doyurucu yanıtlar aldım. Yazılı ve sözlü olarak tarafıma sunulan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anladığım kanısındayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğim konusunda karar vermem için yeterince zaman tanındı.

Bu koşullar altında, araştırma kapsamında elde edilen şahsıma ait bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılmasını, gizlilik kurallarına uyulmak kaydıyla sunulmasını ve yayınlanmasını, hiçbir baskı ve zorlama altında kalmaksızın, kendi özgür irademle kabul ettiğimi beyan ederim.

Hasta yakınının /Hastanın;

Adı- soyadı:

Tarih:

İmza:

Araştırmacıların;

Adı- soyadı: Doç. Dr. Emre OCAK

Tarih:

İmza:

Adı- soyadı: Beyza ŞENOL

Tarih:

İmza:

Ek-3. Demografik Bilgi Formu

Demografik Bilgi Formu

Bu araştırma servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyellerde yaşlılığın frekans üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır. Sorulara dikkatli bir şekilde cevap vermeniz rica olunur. Araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz için teşekkür ederiz.

Adı Soyadı:	Tarih: / /
Telefon Numarası:	

1) Yaş:

2) Cinsiyet:

☐ Kadın ☐ Erkek

3) Eğitim durumunuz nedir?

- ☐ İlkokul
☐ Ortaokul
☐ Lise
☐ Üniversite
☐ Yüksek Lisans/Doktora
☐ Okur-yazar değil

4) İşitme probleminiz olduğunu düşünüyor musunuz?

☐ Evet ☐ Hayır

-Cevabınız evet ise hangi kulakta;

☐ Sağ ☐ Sol ☐ Her ikisi

-İşitme problemine eşlik eden semptom(lar) varsa işaretleyiniz. (Birden fazla işaretleme yapabilirsiniz)

☐ Uğultu ☐ Tinnitus (Çınlama) ☐ Dolgunluk ☐ Kulak ağrısı ☐ Kulak akıntısı

5) Konuşulanları anlamakta zorluk çekiyor musunuz?

☐ Evet ☐ Hayır

Ek-3. (Devam) Demografik Bilgi Formu

6) İşitme cihazı kullanıyor musunuz?

☐ Evet ☐ Hayır

-Cevabınız evet ise hangi kulakta;

☐ Sağ ☐ Sol ☐ Her ikisi

7) Daha önce baş dönmesi veya dengesizlik problemleri yaşadınız mı?

☐ Evet ☐ Hayır

8) Şu anda baş dönmesi veya dengesizlik şikayetiniz var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

9) Tanılanmış denge hastalığınız (BPPV, Meniere, Vestibüler Nörinit...) var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

-Cevabınız evet ise hastalığınızı belirtiniz

10) Dış kulağı veya orta kulağı etkileyen (tümör, otit (enfeksiyon), kolesteatom, otoskleroz(kireçlenme)...) otolojik bir hastalığa sahip misiniz?

☐ Evet ☐ Hayır

-Cevabınız evet ise hastalığınızı belirtiniz

11) Nörolojik bir hastalığa (MS, epilepsi, migren...) sahip misiniz?

☐ Evet ☐ Hayır

-Cevabınız evet ise hastalığınızı belirtiniz

12) Metabolik bir hastalığa (diyabet, hipertansiyon, obezite, tiroit...) sahip misiniz?

☐ Evet ☐ Hayır

-Cevabınız evet ise hastalığınızı belirtiniz

13) Daha önce geçirdiğiniz herhangi bir cerrahi işlem var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

-Cevabınız evet ise cerrahi işlemi belirtiniz

Ek-3. (Devam) Demografik Bilgi Formu

14) Düzenli kullandığınız bir ilaç var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

-Cevabınız evet ise kullandığınız ilacı belirtiniz

15) Boyun probleminiz var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

-Cevabınız evet ise belirtiniz

16) Boynunuzu hareket ettirmenizi kısıtlayacak herhangi bir durum var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

-Cevabınız evet ise belirtiniz

17) Son bir hafta içerisinde kas gevşetici ilaç kullandınız mı?

☐ Evet ☐ Hayır

18) Geçirilmiş kafa travması hikayeniz var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

-Cevabınız evet ise belirtiniz

19) Hafıza, dikkat, akıl yürütme, problem çözme gibi zihinsel işlevleri etkileyen bilişsel bir probleminiz (Parkinson, alzheimer...) var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

-Cevabınız evet ise belirtiniz

ÖZGEÇMİŞ

