



**T. C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**VESTİBÜLER UYARILMIŞ MİYOJENİK POTANSİYELLERİN (VEMP)  
ÖLÇÜM TEKNİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE BURSA YÖRESİNE AİT  
NORMATİF DEĞERLERİN BELİRLENMESİ**

**Ömer Afşın ÖZMEN**

**(DOKTORA TEZİ)**

**Bursa-2014**



T. C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

VESTİBÜLER UYARILMIŞ MİYOJENİK POTANSİYELLERİN (VEMP) ÖLÇÜM  
TEKNİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE BURSA YÖRESİNE AİT NORMATİF  
DEĞERLERİN BELİRLENMESİ

Ömer Afşın ÖZMEN

(DOKTORA TEZİ)

Danışman: Prof. Dr. Kasım ÖZLÜK

Bursa-2014

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu tez, jürimiz tarafından .....  
tezi olarak kabul edilmiştir.

Adı ve Soyadı      İmza

Tez Danışmanı      .....

.....

Üye      .....

Üye      .....

Üye      .....

Üye      .....

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun ..... tarih, .....  
sayılı toplantısında alınan ..... numaralı kararı ile kabul edilmiştir.

.....  
Enstitü Müdürü

## İÇİNDEKİLER

TÜRKÇE ÖZET	II
İNGİLİZCE ÖZET	III
GİRİŞ	1
GENEL BİLGİLER	3
GEREÇ ve YÖNTEM	15
Birinci Aşama: Basınç ve EMG İlişkisinin Araştırılması	15
İkinci Aşama: VEMP Ölçümleri	19
BULGULAR	23
Birinci Aşama: Basınç ve EMG İlişkisinin Araştırılması	23
İkinci Aşama: VEMP Ölçümleri	25
TARTIŞMA ve SONUÇ	34
KAYNAKLAR	44
TEŞEKKÜR	53
ÖZGEÇMİŞ	54

## ÖZET

Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (VEMP-Vestibuler Evoked Myogenic Potentials) yeni bulunmuş olmasına rağmen sakkül fonksiyonunun değerlendirilmesi için klinik kullanıma girmiştir. Ancak, özellikle amplitüdlere aynı kişinin sağ sol tarafı arasında ve kişiler arasında değişkenlik yüksek seviyededir. Bu sorunun çözümü için EMG kontrolü ile test tekniği ve EMG ölçümü mümkün değilse tansiyon aleti manşonu ile monitorizasyon teknikleri geliştirilmiştir. Ayrıca, her kliniğin kendi normatif değerlerini belirlemeleri gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı değişik yaş gruplarında VEMP testinin amplitüd, latans ve eşik değerlerine ait normatif değerleri belirlemek ve tansiyon aleti ile geri besleme tekniğinin, sabit ve kişiye özel basınç değerleri kullanılması ile amplitüdlere aynı kişinin iki tarafı ve farklı kişiler arasındaki değişkenliğini azaltarak geliştirilmesidir.

Çalışma iki aşamalı olarak yapılmıştır. Birinci aşamada tansiyon aleti manşonunda oluşturulan basınçlar ile sternokleidomastoid (SKM) adalede oluşan EMG cevabı arasındaki ilişki araştırılmıştır. İkinci aşamada sabit 40 mmHg basınç ( $P_{40}$ ) ve SKM adalenin üretebildiği maksimum basıncın %50'si seviyesinde ( $P_{maks\%50}$ ) VEMP ölçümleri yapılmıştır.

İkinci aşamada yaşları 20 ile 68 arasında değişen 48 erkek 52 kadın toplam 100 gönüllü üzerinde ölçümler yapılmıştır. Kulak bazında cevap oranı %53 seviyesinde gerçekleşmiştir. Geliştirilmiş olan VEMP sandalyesi oturur vaziyetteki kişide tansiyon aleti manşonu kullanarak istenen pozisyonda sadece SKM kas kullanılarak test yapılmasını sağlamıştır. Eşzamanlı EMG yapılamadığı durumlarda tansiyon aleti manşonu kullanımı ile yeterli EMG aktivitesi sağlanabilmektedir. Ancak, kadınlarda yaş ilerledikçe yeterli kas kuvveti sağlanamayabilmektedir.  $P_{maks\%50}$  ölçümünde amplitüdlereki değişkenlik,  $P_{40}$ 'ta olduğundan daha küçük bulunmuştur.

$P_{maks\%50}$  kullanımı ile kişiler arası değişkenliğin azaltılması amacına yaklaşılmakla birlikte, yeterli başarı sağlanamamıştır. Amplitüd değişkenliğini ilgilendiren çok sayıda faktörün kontrol altına alınması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Vestibüler, uyarılmış kas potansiyelleri, VEMP, servikal, amplitüd

## SUMMARY

### IMPROVEMENT OF VESTIBULAR EVOKED MYOGENIC POTENTIALS (VEMP) MEASUREMENT TECHNIQUE AND DEFINITION OF NORMATIVE VALUES OF BURSA LOCALE

Although, vestibular evoked myogenic potentials (VEMP) were developed recently, it has been integrated in clinical practice for the evaluation of the saccule function. However, it has high intra-subject and inter-subject variability especially in amplitudes. To solve this problem, EMG controlled test technique and if EMG measurement is not possible, monitorization techniques with blood pressure cuffs were developed. Moreover, each clinic should define its own normative data.

The aim of the present study was to define the normative values of VEMP test parameters containing amplitude, latency and threshold, and to improve the feedback with blood pressure cuff technique by decreasing intra-subject and inter-subject variability using constant and individual pressure levels.

The study was conducted in two stages. In the first stage, the relationship between the pressure level generated in the blood pressure cuff and EMG response in the sternocleidomastoid (SCM) muscle was investigated. In the second stage, VEMP measurements were performed by using pressure levels at constant 40 mmHg ( $P_{40}$ ) and 50% of the maximum pressure ( $P_{\max\%50}$ ) that could be generated by SCM muscle.

In the second stage, measurements were performed on 100 volunteers consisting of 48 males and 52 females whose ages ranged between 20 and 68 years. Response rate was 53% on ear basis. Custom-built VEMP chair facilitated the performance of test using blood pressure cuff in a sitting patient with the desired neck position to use only SCM muscle. When simultaneous EMG is not available, use of blood pressure cuff was capable of providing sufficient EMG activity. However, in aged women sufficient muscle strength may not be generated. The variability of amplitudes in  $P_{\max\%50}$  measurements was lesser than that in  $P_{40}$ .

The use of  $P_{\max\%50}$  come toward the aim of decreasing intra- and inter-subject variability but without sufficient success. Further studies are needed to control many factors that are related to amplitude variability.

Key Words: Vestibular, evoked myogenic response, VEMP, cervical, amplitude

## GİRİŞ

Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP-Vestibuler Evoked Myogenic Potentials) 20 yıl önce Colebatch ve Halmagyi (1) tarafından bulunmasından itibaren sakkül fonksiyonunun değerlendirilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Hayvan deneylerinde sakkülün ses uyarısına cevap verdiği gösterilmesi ile insanda VEMP testi uygulamaları başlamıştır. Klik veya *tone-burst* uyarının kulağa ulaşması ile sakküler makulada oluşan cevap inferior vestibüler sinir, lateral vestibüler nukleus ve medial vestibülospinal traktus yolu ile sternokleidomastoid (SKM) kasa ait motor sinirlere gelmekte ve tonik olarak kasılmış olan kasta oluşan negatif potansiyeller kaydedilmektedir (2). Sakkül ve inferior vestibüler sinir fonksiyonlarını ortaya koyabilmesi yönünden önemli bilgiler sağlayan VEMP pek çok nörolojik ve vestibüler hastalıkta kullanılmaktadır ve denge değerlendirmesinde standart test bataryası içinde yer almaya başlamıştır.

VEMP testinde p13 ve n23 dalgaları araştırılır ve bu dalgalara ait latans, amplitüd ve eşik değeri gibi parametreler hesaplanır. Latans değerlerinde değişkenlik fazla olmamakla birlikte, amplitüd değeri aynı kişide iki taraf arasında bile farklılık göstermektedir ve bu durum klinik cevabın yorumlanmasında zorluk yaratmaktadır. Uyarı eşiklerinin de klinik uygulamadaki yeri araştırılmaktadır. Ölçümler sırasında aynı standartlara uyulmasına rağmen farklı laboratuvarlarda farklı sonuçlar elde edilmekte olduğundan, her laboratuvarın testlerini değerlendirmek için kendi normatif değerlerini kullanmaları gerekmektedir (3).

VEMP amplitüdünün elektromiyografi (EMG) cevabı ile doğru orantılı olarak değiştiği (4) gösterilmiştir. Bunun dışında uyarı şiddeti ve yaş da amplitüd üzerinde etkilidir (4, 5). Değişkenliğin yüksek seviyede olması nedeniyle amplitüdün klinik değerlendirmede yeterli bir parametre olmadığı ileri sürülmüştür (6). Bu nedenle, VEMP ölçüm tekniğinin gelişimi halen devam etmektedir. Amplitüd değerlerindeki değişkenliğin azaltılması için SKM kasta kontraksiyonun standardize edilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir. SKM kasta sabit seviyede kasılma sağlamak için kişiye geri besleme yöntemleri geliştirilmiştir. Geri besleme metodu olarak EMG kullanılabilir. Ancak EMG için daha pahalı bir ekipman gerekmesi nedeniyle kasılmanın monitörizasyonu için daha kolay erişilebilir bir metot olarak tansiyon aleti manşonu kullanımı tarif edilmiştir (7).

Vanspauwen ve arkadaşlarının (7) geliştirdikleri tansiyon aleti tekniğinde kişi tansiyon aleti manşonunu çenesi ile sıkıştırarak sabit 40 mmHg seviyesine getirir ve bu şekilde ölçüm yapılır. Ortalama rektifiye voltaj (MRV-mean rectified voltage) ile

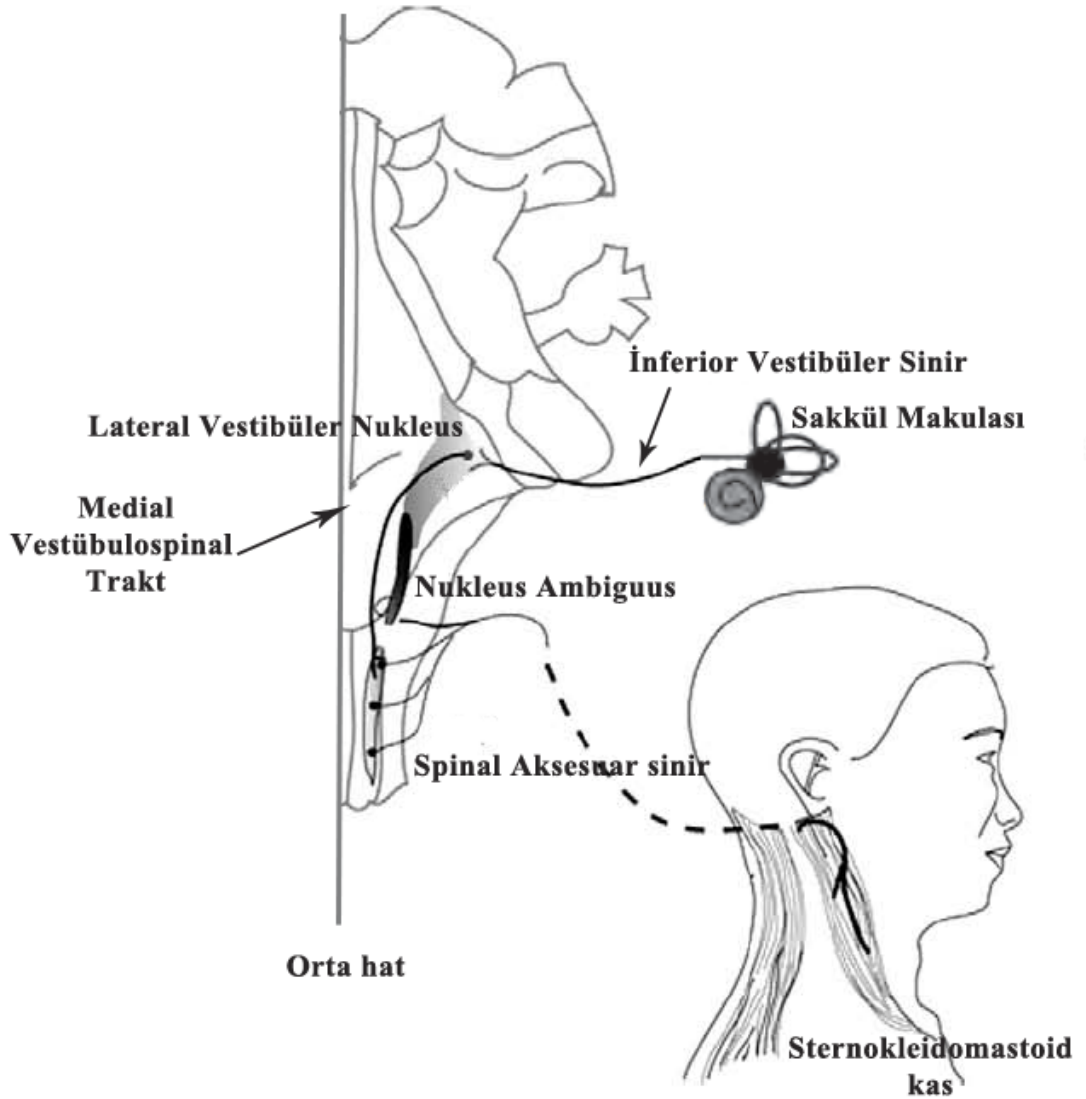
karşılaştırılarak yapılan bu çalışmada, geri besleme kullanımı ile aynı kişinin sağ ve sol tarafına ait VEMP değerleri arasındaki değişkenlik önemli derecede azalmıştır. Ancak farklı kişiler arasındaki değişkenlik devam etmektedir. Kişiyeye özel bir basınç değeri uygulanarak kişiler arası değişkenliğin azaltılması başarılı olabilirse VEMP'in amplitüd değerlerinin klinik kullanımına katkıda bulunulabilir.

Bu çalışmanın amacı değişik yaş gruplarında VEMP testinin amplitüd, latans ve eşik değerlerine ait normatif değerleri belirlemek, tansiyon aleti ile geri besleme tekniğinde sabit ve kişiyeye özel basınç değerleri kullanarak amplitüdlarının aynı kişinin iki tarafı ve farklı kişiler arasındaki değişkenliğini azaltmaya çalışarak tekniğin geliştirilmesidir.



## GENEL BİLGİLER

VEMP hava yolu, kemik yolu ses uyarısı veya elektriksel uyarıya cevaben sternokleidomastoid (SKM) kas üzerinden kaydedilen kısa latanslı bir kas cevabıdır. Bugün anlaşıldığı şekli ile VEMP ilk olarak Colebatch ve Halmagyi (1, 4) tarafından kaydedilmiştir. Ses uyarısı ile oluşan cevap sakküler makuladan başlar ve sırasıyla inferior vestibüler sinir, lateral vestibüler nukleus, medial vestibulospinal traktus, aksesuar nukleus ve aksesuar sinir ile iletilerek, SKM kasın motor nöronlarında sonlanır (Şekil-1) (2). Günümüzde VEMP'in vestibulokolik refleksi temsil ettiği belirlenmiştir. VEMP otolit organların (özellikle sakkül) fonksiyonunun ölçümünde standart klinik test yöntemi haline gelmiştir.



**Şekil-1.** VEMP cevaplarının kaynağı olan sakkülo-kolik refleks sinirsel yolağı (Rosengren ve arkadaşlarından (3) modifiye edilmiştir).

## **Tarihsel Gelişim**

Von Bekesy (8)1935 yılında yüksek seslerin baş hareketlerine yol açtığını ve bu cevabın vestibüler kaynaklı olduğunu ileri sürmüştür. Dijital ortalayıcının geliştirilmesinden (9) sonra skalpten klikle uyarılmış cevapların kayıtları (10) alınmaya başlanmıştır. Bickford ve arkadaşları (11) yüksek hava yolu *tone-burst* uyarılara cevaben en kısa latanslı olanlarının boyun kaslarından alındığını ve bu cevapların kasın kasılma kuvveti ile ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Bickford ve arkadaşları (12) daha sonraki çalışmalarında yüksek şiddette klik uyarılara cevaben yaklaşık 13 ms sonra ilk kısa latanslı tepe noktasının oluştuğunu farketmiş ve bunu *inion* cevabı olarak adlandırmışlardır. Vestibüler fonksiyonları sağlam olan işitme kayıplı kişilerde bu sonuçların elde edilebilmesi nedeniyle cevapların vestibüler sistem kaynaklı olduğu sonucuna varılmıştır. Colebatch ve arkadaşları (4) *inion* cevabını tekrar incelemişler ve farklı olarak elektrodları SKM kasının üzerine yerleştirmişlerdir. Bu çalışma ile eski bulguların doğrulanmasının yanında yalnızca ses verilen kulakla aynı taraftaki SKM kasından elde edilen cevabın ilk pozitif dalga (p13 veya p1), ve takip eden negatif ve pozitif dalgalardan (n23, p34, n44) oluştuğunu göstermişlerdir.

## **Uyarılmış Miyojenik Potansiyel Kavramı ve VEMP'ler**

VEMP'te elde edilen cevaplar kaynağını kasın ortalama elektriksel aktivitesinden almaktadır. Konvansiyonel uyarılmış potansiyeller sinirsel deşarjlardan kaynaklandığından, aradaki farkın belirtilmesi için uyarılmış miyojenik cevaplar ifadesi kullanılmaktadır. Uyarılmış miyojenik cevaplar genellikle küçüktür; kaydedilebilmeleri için ortalamalarının alınması gerekir; alttaki kasın tonik olarak kasılmış olması gerekir ve zemindeki gürültüyle doğrudan oranlanmaları gerekir (13). Vestibüler sistemin kliklerle uyarılması sonucu oluşan cevaplar sadece SKM kasına sınırlı değildir. Klik ve galvanik uyarı ile masseter kası üzerinden daha küçük amplitüdü miyojenik cevaplar (n11-n15) kaydedilmiştir (14) ancak, bu cevabın henüz klinik bir uygulaması yoktur. Trapezius kası üzerinden alınan VEMP'lerde tarif edilmiştir (15). Tek kulağa verilen 100 dB'lik uyarı ile SKM kastaki cevaptan farklı olarak trapezius kasından bilateral aynı amplitüd ve latansa sahip cevaplar kaydedilmektedir. SKM üzerindeki cevaba benzer şekilde dört dalga görülmekte ve yine p13, n23, p34, n44 olarak adlandırılmaktadır. Total kokleovestibüler hasara sahip kişilerde trapezius kasından cevap alınamaması bu refleks için iç kulak afferentlerinin gerekli olduğunu göstermektedir. Vestibülospinal refleksler bacak kaslarından özellikle de soleus kasından kaydedilebilmektedir (16). Bu cevapların latansları daha uzundur ve fizyolojik özellikleri farklıdır.

Değişik kaslardan elde edilen yanıtlar arasında bazı farklılıklar bulunmakla birlikte, hepsi ortak olarak motor ünite atışlarındaki kısa süreli değişikliklerden oluşmaktadır. Eğer ilgili kas postür kontrolünde rol almakta ise kayıt için tonik aktivitenin bulunması gereklidir.

### **VEMP Testinde Kullanılan Uyarı Tipleri**

Vestibüler sistem doğal olarak açısız ve doğrusal baş hızlanması sonucu uyarılır. Bununla beraber, baş hızlanmalarının standardize edilmesi zordur ve bu tip işlemlerin elektriksel artefakt yaratma ihtimali fazladır. VEMP'ler ilk olarak 0.1 ms uzunluğunda kare dalga hava yolu kliklerle elde edilmiş olmakla birlikte, hava yolu *tone-burst*'ler, kemik yolu vibrasyonlar (kafaya vuruşlar da dahil) ve galvanik (elektriksel) vestibüler uyarı ile de üretilebilirler.

Klikle karşılaştırıldığında hava yolu tone-burst uyarılar tipik olarak daha uzun uyarı süresine ve frekansa spesifik olma özelliğine sahiptir. Kemik yolu vibrasyonlar iki kulağı da eş zamanlı olarak uyardıkları için bilateral SKM kaslarında cevaba yol açarlar fakat, mastoidden verilen uyarı nedeniyle ipsilateral SKM kasındaki cevap daha büyüktür (17). Kafaya vuruşlar şeklindeki uyarı ile oluşan refleks mekanizmasının ses ile oluşandan farklı olduğu ve utrikülün de yer aldığı bildirilmiştir (17, 18). Galvanik VEMP, kısa süreli (1-2 ms) pulse elektriksel akımın (3-4 mA) mastoid bölgeye uygulanması ile elde edilir (19). Katodal galvanik vestibüler uyarılar ipsilateral p13-n23 cevabını oluştururlar. Kontralateral SKM kasında ise terse döndürülmüş cevap oluşur. Anodal galvanik uyarı verildiğinde ipsilateralde terse döndürülmüş cevap elde edilirken, kontralateral SKM'de cevap oluşmaz. Galvanik VEMP'in özelliği, vestibüler sinirin en distal kısmını uyarılmasını sağladığından labirentin ve retrolabirentin lezyonların ayırımında yardımcı olmasıdır. (19, 20)

Kafaya vuruşlar şeklindeki uyarıların standardizasyonu zordur. Buna karşı, ses, titreşim ve galvanik akım gibi vestibüler sistemin diğer uyarılma yöntemleri tekrar tekrar verilebilir ve stereotipik kısa latanslı vestibüler refleksleri oluşturabilir. Bu tip uyarılar etkili olmalarına rağmen, doğal koşulları taklit etmemeleri ve yön karşılıklarının olmaması nedeniyle fizyolojik değildir.

Geçmiş 30 yıldan fazla olan hayvan çalışmalarında sakkülün tercihen hava yolu ile verilen ses ile uyarılabildiği (21) ileri sürülmüştür. İntraselüler işaretleme yöntemleri ile sese duyarlı liflerin tipik olarak sakkülden hatta bazılarının da utrikülden kaynaklandığı (22, 23) gösterilmiştir. Bununla birlikte, sakkülü inerve eden inferior vestibüler sinirin kesildiği durumlarda VEMP elde edilemezken, superior vestibüler sinirin seçici olarak

kesilmesi halinde VEMP yanıtları kaydedilebilmektedir (24-26).

Yapılan çalışmalarda hem klik hem de *tone-burst* uyarıların VEMP oluşturabildiği gösterilmiştir. İlk çalışmalarda *tone-burst* uyarı ile cevap alma oranı (%88), klik uyarıya göre (%98) düşük (27) olarak bulunmuştur. Daha sonraki bir çalışmada, klik uyarı ile elde edilen p13 latansının, *tone-burst* uyarı ile elde edilene göre 1 ms daha kısa olduğu (28-30) bildirilmiştir. Bu durum primer vestibüler nöronlarda *tone-burst* uyarıyla iki veya üç kat fazla deşarj olduğu ve bunun sonucu latansta uzama olduğu şeklinde açıklanmıştır. Klik uyarının n23 latansı üzerindeki etkisi daha azdır bu nedenle klik uyarıda p13, n23 intervali daha uzun bulunmaktadır. Klik uyarıyla elde edilen tepeden tepeye amplitüdü *tone-burst* ile elde edilene göre daha büyük bulunmuştur. Bu nedenlerle Cheng ve arkadaşları (27) VEMP testinde klik uyarının, *tone-burst*'ten daha üstün olduğunu ileri sürmüştür. Buna karşı, hava yolu VEMPlerin frekans eşleşmesi 400 ile 1000 Hz arasında olduğundan 500 Hz *tone-burst* klikten daha etkin bir uyarı olduğu da bildirilmiştir (31). Ek olarak, Wu ve arkadaşları (32) *tone-burst* uyarılarla elde edilen cevaplarda laboratuvarlar arası amplitüd ve latans farklılıklarının daha az olduğunu bu nedenle *tone-burst* uyarının tercih edilmesi gerektiğini savunmuştur. Ancak, hangi uyarı kullanılırsa kullanılsın, her laboratuvarın kendi normatif değerlerini belirlemesi gerekmektedir.

Uyarıların VEMP cevabını oluşturabildikleri en düşük şiddete uyarı eşığı denmektedir ve eşik değerlerin saptanması da VEMP testinde değerlendirilen faydalı ve güvenilir bir parametre olarak görülmektedir. *Tone-burst* uyarılar klik uyarılardan daha düşük eşik değerlerine sahiptir (33). *Tone-burst* uyarılar arasında en düşük eşik 500 ve 750 Hz frekanslarda elde edilirken, en yüksek eşikler 2000 Hz'de görülür (34). Rauch ve arkadaşları (35) VEMP cevapları oluşturma da en hassas frekansın 500 Hz olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, VEMP sonuçlarının incelenmesinde dört farklı frekansta (250, 500, 750, 1000 Hz) cevap eşiklerinin belirlenmesi şeklinde yeni bir parametre tarif etmişlerdir.

Hava yolu uyarı verilen durumlarda koklear fonksiyonun rolü yoktur. Ancak işitme seviyesi yine de ölçülmelidir. İletim tipi bir kayıp olması VEMP kayıtlarını etkileyecektir.

### **Monaural veya Binaural Uyarılma**

Wang ve arkadaşları (36) VEMP cevaplarının iki kulaktan aynı anda ses verilerek her iki taraf için aynı anda kaydedilmesinin, tek tek kayıtlarla latans yününden anlamlı fark yaratmadığını, amplitüdülerin daha küçük elde edilmekle beraber, iki kulak arası farkta anlamlı bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir. Dört farklı kayıt metodunun karşılaştırıldığı bir çalışmada tek kulaktan uyarı ve aynı taraftan kayıt yapılan tekniğin en

güvenilir sonuçları verdiği bildirilmiştir (37). Bununla birlikte, iki tarafın aynı anda kaydedilmesi, yaşlılar ve küçük çocuklar gibi kooperasyonun sağlanmasının zor olduğu zaman ve kuvvetten tasarruf edilmesinin gerekli olduğu durumlarda uygulanmasını uygun olabilir.

### **VEMP Testinde Elektrot Yerleşimi, EMG Kaydı ve Kas Aktivitesi**

EMG kaydı için aktif ve inaktif elektrotlardan birinin kas üzerine, diğerinin ise kastan uzak bir yere yerleştirilmesi gereklidir. Ayrıca bir de toprak elektrot yerleştirilmesi gerekir. Servikal VEMP'lerin amplitüdüleri SKM kasının zemindeki aktivitesinin kuvveti ile doğrudan ilişkilidir ve dinlenme halinde oluşmaz (4, 28, 38, 39). Bu nedenle, hastalar VEMP kaydı yapılabilmesi için SKM kasını aktive etmelidirler. Bu aktivite başın yatay pozisyondan kaldırılması veya başın diğer tarafa döndürülmesi ile sağlanabilir. Ancak bu pozisyonların sağlanması test için gerekli aktivitenin sağlandığı anlamına gelmeyebilir. Ayrıca, VEMP amplitüdülerinin EMG aktivitesi ile doğru orantılı olarak değişmesi (4), asimetrik kasılma sonucu uygunsuz sonuçlar elde edilmesinin önlenmesi için, kastaki gerilimin veya bunun EMG'deki karşılığı olarak zemin aktivitesinin takibini zorunlu kılmaktadır. Aksi takdirde, amplitüd ve latans aralıkları çok geniş olur ve asimetride artışa yol açar.

Kas kasılmasının takibi için kullanılan yöntemlerden birisi osiloskop kullanarak işlenmemiş EMG aktivitesinin aynı düzeyde tutulmasının sağlanmasıdır (37). Zemin aktivitesinin EMG ile takip edildiği şartlarda, ortalama rektifiye EMG değerlerinin en az 40  $\mu$ V olması gerektiği, en uygun seviyeninse 150-200  $\mu$ V olduğu belirlenmiştir (4).

Vanspauwen ve arkadaşları (7) EMG takibinin mümkün olmadığı hallerde tansiyon aleti manşonunu kullanarak sağladığı geri besleme ile kas kasılmasını kontrol etme yöntemini bildirmiştir. Bu yöntemde tansiyon aletinin manşonu 20 mmHg'ye kadar şişirilir. Test yapılan kişi başını 30° öne ve 30° test edilen tarafın karşısına çevirir. Çenesi ile elinde tuttuğu manşonu 40 mmHg basınç seviyesine getirerek test süresince sabit tutar. İki mmHg'lik değişiklikler kabul edilir. Eğer EMG ölçümü mümkün ancak eşzamanlı yapılamıyorsa, tansiyon aleti metodu iki taraf için daha önceden belirlenmiş EMG değerlerini sağlayacak şekilde kullanılabilir. Maes ve arkadaşları (40) sadece tansiyon aleti kullanımı ve baş pozisyonunun titizlikle kontrolü ile güvenilir sonuçlar elde edilebileceğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada sadece simetrik baş rotasyonu ile güvenilir sonuçlar elde edilebildiği (41) bildirilmiştir.

Elektrotların SKM kası üzerinde yerleşme yeri de cevap üzerinde etkili bir faktördür. En yüksek amplitüde sahip cevaplar kasın üst ve orta kısımlarına yerleştirilen

elektrotlardan alınmaktadır. Elektrot yerleşim yeri latanslar üzerinde anlamlı bir farklılık yaratmamakla birlikte, SKM kasının üst kısmından alınan kayıtlarda p13, n23 intervali orta kısımdan alınan kayıtlarda olduğundan daha büyük olarak izlenmektedir (42). Bu bulgular elektrot için optimal yerleşim yerinin SKM'nin orta kısmı olduğunu göstermektedir.

VEMP cevaplarının lateralitesi tartışmalıdır. Tek taraflı uyarılma sonrasında bazı bilateral simetrik cevaplar alındığını (12), saf ipsilateral cevap alındığını (43), daha büyük ipsilateral (4, 44) veya daha büyük kontralateral cevap (45) alındığını bildiren çalışmalar mevcuttur.

### **VEMP Testinde Değerlendirme**

Klinikte VEMP'in bifazik ilk iki dalgası (p13, n23) değerlendirilmektedir. Son iki dalga (n34, p44) sağlıklı kişilerin %40-60'ında elde edilmekte ve muhtemelen koklear afferentlerden kaynaklanmaktadır (46). Daha sonraki çalışmalarda 105 dBHL gibi yüksek seviyede uyarı verilmesi ile son iki dalganın %85 oranında elde edilebildiği gösterilmiştir.(47) Ancak az sayıda hastayla yapılmış olan bu çalışmaların sonuçlarının geliştirilmesi gereklidir.

VEMP testinin sonuç parametreleri arasında p13 ve n23 dalgalarına ait amplitüd ve latans değerleri incelenmektedir. Son dönemde eşik seviyeleri de değerlendirmeye alınmaktadır.

Aynı kişinin VEMP cevaplarında amplitüd değişkenlikleri çok fazlayken, latans değişkenliği azdır. Ochi ve arkadaşları (6) standart sapmanın yüksekliği nedeniyle amplitüdülerin klinikte kullanımlarının uygun olmadığını ileri sürmüştür. Amplitüdüdeki değişkenlik, amplitüdüleri etkileyen çok fazla parametre olmasından kaynaklanmaktadır. Colebatch ve arkadaşları (4) p13-n23 amplitüdü ile ortalama rektifiye EMG cevabı arasında lineer bir ilişki olduğunu göstermişlerdir. Amplitüd değişkenliğinde etkili diğer bir faktör ise uyarı şiddetidir (4). Eşik üzerinde uyarılarda ses şiddeti ile cevap amplitüdü arasında doğrusal bir ilişki vardır (4, 28, 39). Bu etkinin artmış uyarı şiddetine cevaben daha fazla motor üniteye aktivasyon olmasına bağlı olduğu düşünülmektedir (48). Yaşın VEMP amplitüdüleri üzerinde önemli bir etkisi olduğu bildirilmiştir (5). Buna göre 60 yaşın üzerindeki bireylerde potansiyeller amplitüdüleri azalmaktadır.

Amplitüdülerin klinik patolojilerin tanısındaki önemli bir kullanım şekli asimetri oranının hesaplanmasıdır. Asimetri oranı, iki taraf arasındaki p13 ve n23 tepeleri arasındaki mutlak amplitüd farkının, amplitüdülerin toplamına oranının 100 ile çarpılması sonucunda elde edilir ve VEMP'in önemli bir parametresidir.

Amplitüdülere oranla latans daha az değişkenlik göstermektedir. Murofushi ve

arkadaşları (49) uzamış latans cevabının klinik değerlendirilmesinde p13 latansının n23 latansına üstün olduğunu bildirmiştir. VEMP'ler yeterli kasılma sağlanabilirse bir kaç günlük bebeklerde bile kaydedilebilir (50-53). Erişkinlere kıyasla çocuklarda latans genellikle uzamıştır ve vücut ağırlığı ve boyun uzunluğu ile ilişkilidir (54, 55).

İnsanlarda VEMP cevaplarının frekans duyarlılığı mevcut olduğundan VEMP eşik cevap eğrileri oluşturulabilir. Eşik cevap eğrilerinin Meniere Hastalığının tanısında ve etkilenmiş kulağın belirlenmesinde fayda sağlayacağı düşünülmektedir. VEMP eşiği tek frekansta bakılabileceği gibi, dört farklı frekansta (250, 500, 750, 1000 Hz) cevap eşiklerinin belirlenmesi (35) de tarif edilmiştir.

VEMP için tipik latans, amplitüd, eşik ve asimetri oranları bildirilmiş olmakla birlikte, bu değerler uyarının cinsi (ses/titreşim), dalga şekli (ton/klik), şiddet ve süre gibi yönlerden farklılıklar taşıdığı için her merkez kendi normatif değerlerini belirlemek zorundadır (3).

VEMP vestibülokollik refleks yolağını temsil ettiğinden, cevabın olmaması veya asimetric bir cevap elde edilmesi halinde refleks yolağı boyunca herhangi bir noktadaki patolojinin araştırılması gerekir. Gecikmiş refleksler tipik olarak santral patolojilerde görülür. Reflekslerin olmayışı ise son organ patolojilerini düşündürür. Son organ, hava yolu uyarılar için sakkül, kemik vibrasyonu içinse hem sakkül hem de utriküldür.

Yapılan son çalışmalarda ses ile uyarılan tek vestibüler organın sakkül olmadığı aslında utrikül ve semisirküler kanalların da temelde bir titreşim olan ses enerjisi ile uyarıldığı ortaya konulmuştur (56). Ancak VEMP cevapları yine de sakkül ile ilişkili olarak değerlendirilmektedir. Vestibülokollik refleks olan VEMP testinin asıl olarak sakkül kaynaklı liflerden kaynaklandığı gösterilmiştir (23, 29). Utrikülden kaynaklanan lifler ise oküler kaslar üzerinde etkili bulunmuşlardır ve utrikülo-oküler yolağın klinik testi olarak oküler VEMP (o-VEMP) geliştirilmiştir. Sakkülokollik refleksin testinin ise servikal VEMP (c-VEMP) olarak adlandırılması yaygınlaşmıştır. Vestibüler sistemin klinik değerlendirilmesinde bugün her iki VEMP testinin videonistagmografi, kalorik test, dönen sandalye testi gibi diğer konvansiyonel vestibüler testlere ek olarak kullanılması önerilmektedir.

VEMP testinde değişik kliniklerde tanı kriteri olarak p13 ve n23 dalgalarının hiç tespit edilememesi, p13 ve n23 latanslarının normal popülasyondan 2 standart deviasyondan fazla uzun olması, interpik latansın normal popülasyondan iki standart deviasyondan fazla kısa olması ve sağ ve sol taraf amplitüdlерinin normal popülasyondan

iki standart deviasyondan fazla farklılık göstermesi (VEMP asimetrisi) gibi parametrelerin kullanımı önerilmiştir (57).

### **Çeşitli Patolojilerde VEMP'in Klinik Kullanımı**

#### **Akut Vestibüler Nöritte VEMP**

Periferik vestibüler fonksiyonun ani, izole, tek taraflı kaybına akut vestibüler nörit (AVN) denir. AVN sıklıkla superior vestibüler siniri tutar. Daha az sıklıkla hem superior, hem de inferior vestibüler sinirler ve nadiren tek başına inferior vestibüler sinir tutulur. Hava yolu uyarımı ile elde edilen VEMP'ler ile test edilen inferior vestibüler sinir içerisinde seyreden sakküler afferentler AVN'li hastaların %20-30'unda etkilenmiştir (25, 58). Baş vuruşları ile elde edilen VEMP'ler hem inferior hem de superior vestibüler siniri kullanırlar ve hava yolu VEMP'lerden daha sık etkilenmiş bulunurlar. Galvanik uyarı verildiğinde, hava yolu VEMP'lerin alınmadığı hastaların bir kısmında cevap alınmazken (labirentit tipi), bazı hastalarda yanıt alınabilir (nörit tipi) (59). VEMP cevaplarının varlığı veya yokluğuna göre BPPV oluşma riskinin öngörülebileceği bildirilmiştir (inferior vestibüler sinir tutulumu halinde BPPV oluşmaz) (25).

#### **Benign Paroksizmal Pozisyonel Vertigoda (BPPV) VEMP**

Tutulmuş olan semisirküler kanaldan bağımsız olarak BPPV'de VEMP latanslarının uzadığı veya VEMP'lerin kaybolduğu gösterilmiştir ve bu durumun sakkülde de utriküldekine benzer dejeneratif değişikliklerden kaynaklanabileceği düşünülmüştür (60-64). AVN'ye sekonder olarak gelişen benign pozisyonel vertigo'da hava yolu VEMP'ler sıklıkla korunmuştur çünkü, posterior semisirküler kanaldaki uyarılmayı ileten sinir aynı zamanda sakkül afferentlerini içeren inferior vestibüler sinirdir (25).

#### **Meniere Hastalığında VEMP**

Meniere Hastalığı (MH) dakikalar saatler süren vertigo atakları, dalgalanma gösteren işitme kaybı, çınlama ve kulakta dolgunluk hissi ile karakterizedir. Sadece vestibüler semptomların bulunması halinde (vestibüler MH) tanı koymak zorlaşabilmektedir. MH'lı kulakların %18-54'ünde hava yolu VEMP'leri alınamamaktadır ve bu durum alçak frekans işitme kaybı ile ilişkili olarak görülmektedir (49, 65, 66). Asimetrik VEMP'ler ile anormallik oranı %69'a kadara çıkar (63) ancak, iki kulakta da VEMP'lerin alınabildiği durumlarda VEMP'in daha düşük olarak elde edildiği kulağın etkilenmiş olduğu söylenemez. MH'nın erken dönemlerinde hava yolu VEMP'lerde kuvvetlenme görülebilir. Bu durum, hidropik sakkülün stapes tabanına temas etmesi



sonucu, sakkülün ses duyarlılığında artma ile açıklanmaktadır (67). MH’da değişiklikler amplitüdlere olmaktadır, latanslarda değişiklik çok nadirdir (49). MH ilerledikçe VEMP cevabı kaybolur. Ancak, endolenfatik hidropsta azalmaya yol açan gliserol veya furosemid ilaçlarının verilmesi ile tekrar ortaya çıkabilir (68-70). Akut atakta VEMP cevaplarında dalgalanma (ilk 24 saatte azalma veya kaybolma ve 48 saatten sonra tekrar belirme) da bildirilmiştir (71). Kim-Lee ve arkadaşları (72) frekans tepe amplitüd oranının (1000 ve 500 Hz frekanslardaki tepe amplitüd oranı) MH olanların %93.5’inde 0.7’den büyük, normal kontrollerin %95’inde ise 0.7’den küçük olduğunu bildirmişlerdir. VEMP’in MH’de tanısal değeri henüz kanıtlanmamıştır ancak, evreleme ve takipte faydası gösterilmiştir (73).

### **Serebelopontin köşe tümörlerinde VEMP**

Vestibüler schwannoma (VS) sıklıkla unilateral sensörinöral işitme kaybı ve tinnitus şeklinde belirti verir. İnternal akustik kanaldan geçen dört sinirden koklear sinir işitsel beyin sapı cevapları (ABR), fasiyal sinir elektronörografi (ENoG) ve superior vestibüler sinir kalorik test ile videonistagmografi (VNG) ile değerlendirilebilir. İnterior vestibüler sinir değerlendirmesi daha önce sadece intraoperatif olarak değerlendirilebilirken, VEMP sayesinde preoperatif değerlendirme mümkün olmuştur (74). VS’lu vakalarının %80’inde VEMP olmadığı veya amplitüdün azaldığı bildirilmiştir (75-77). Daha medialde yerleşmiş olan daha büyük tümörlerde VEMP anormalliklerine daha sık rastlanmaktadır (78, 79). Ne VEMP, ne de kalorik cevaplar VS’nin kaynak aldığı siniri göstermekte etkili değildir (80). Tanıdaki rolden çok, kalorik testle birlikte VEMP kullanımını VS hastalarındaki rezidüel vestibüler fonksiyonu araştırmakta dolayısıyla da hangi hastalarda cerrahi sonrası akut veya kronik unilateral vestibüler deafferensiasyon sendromunun gelişeceğini belirleme de faydalıdır. Bu hastalarda intratimpanik gentamisin ile kontrollü deafferensiasyon ve vestibüler pre-habilitasyon ile cerrahiye hazırlık yapılabilir (81).

### **Otosklerozda VEMP**

Otoskleroz otik kapsülün progresif displastik lezyonudur. Orta kulak tipi (fenestral) otoskleroz, stapes hareketini bozarak iletim tipi işitme kaybına (İTİK) yol açar. Daha nadir olarak görülen iç kulak tipi (kapsüler) otoskleroz ise, progresif sensörinöral işitme kaybı (SNİK) ile karakterizedir. Hava yolu VEMP’ler hava kemik aralığı 30 dB’i geçince iç kulağa gelen sesin eşik altında kalması nedeniyle kaybolur (82-84). Yirmi dB’den fazla hava kemik aralığı varlığında VEMP’lerin pozitif olması halinde otoskleroz tanısını gözden geçirmek ve superior semisirküler kanal dehisans sendromu ekarte

edilmelidir (85, 86). Cerrahi öncesi alınamayan VEMP kayıtları cerrahi sonrasında geri dönebilir (83, 87). İleri evre kapsüler otosklerozda kemik yolu VEMP'lerde kaybolabilir (84).

### **Superior Semisirküler Kanal Dehisans Sendromu (SSCDS) ve Diğer Üçüncü Pencere Sendromlarında VEMP**

Geniş amplitüdü, düşük eşik değerli VEMP sonuçlarının Tullio fenomeni ile ilişkisi ilk olarak Colebatch ve arkadaşları (88) tarafından bildirilmiştir. Artık, Tullio fenomenin labirentte bir üçüncü pencereden kaynaklandığı bilinmektedir. Bu pencere neredeyse her zaman superior semisirküler kanala açılmaktadır ve superior semisirküler kanal dehisans sendromu olarak adlandırılmaktadır (89). Bu sendrom ses ve basınçla ortaya çıkan vertigo, dengesizlik ve osilopsi, otofoni ve iletimsel hiperakuzi ile karakterizedir. Sendromun tanısında sese cevaben oluşan vestibülo-oküler refleksler ve yüksek çözünürlüklü reformat bilgisayarlı tomografide defektif bölgenin gösterilmesinin yanında tipik VEMP bulguları önemli rol oynar. Bu hastalarda yüksek sesle elde edilen amplitüdü çok geniş olmakla birlikte sağlıklı kontrollerle yine de örtüşmektedir (90-92). Daha belirgin olan bulgu ise VEMP eşiklerinin klik için 100-115 dB SPL (55-70 dB nHL), tonlar içinse 80-95 dB SPL kadar düşük değerlerde ve amplitüdülerin genişlemiş olmasıdır (91-93). Brantberg ve arkadaşları(94) anormal derecede düşük VEMP eşikleri olan SSCDS hastalarında BT bulgularının pozitif olduğunu göstermişlerdir. Yapılması daha kolay olan VEMP testi SSCDS tanısında kullanıma girmiştir (73).

### **Akustik Travma ve Gürültüye Bağlı İşitme Kaybında VEMP**

Koklea ve sakkül stapes, tabanına anatomik yakınlıkları nedeniyle akustik travmaya bağlı hasar açısından risk altındadırlar (95). Uzun süreli gürültüye maruziyet işitsel duyu organlarında dejeneratif değişikliklere ve sensörinöral işitme kaybına neden olmaktadır (96). Gürültüye bağlı işitme kaybı gelişen işçilerde subklinik denge sorunları da gösterilmiştir (95). İşitme testinde odyogramda akustik travma belirtisi (4000 Hz'de akustik çentik) bulunan kişilerde yapılan bir çalışmada, VEMP cevaplarında gecikme ve kayıp şeklinde değişiklikler gösterilmiştir (97).

### **Gentamisin Toksisitesi ve İdiopatik Bilateral Vestibülopatide VEMP**

MH'da görülen dayanılmaz vertigo ataklarının tedavisinde intratimpanik gentamisin enjeksiyonları kullanılmaktadır. Hava yolu VEMP'lerin tedavi öncesi normal sınırlarda iken tedavi sonrası ilk dozdan sonra bile sıklıkla kayboldukları bildirilmiştir (98-101). Tedavi sonrası VEMP'lerdeki etkilenme, kalorik cevaptan, subjektif vizüel vertikalde kaymadan daha sık görülmektedir. Bu da sakkülün gentamisine hassasiyetinin

vestibülün diğer kısımlarından daha fazla olduğunu düşündürmektedir (99, 101). Düşük şiddette galvanik akımla uyarılan VEMP'ler hava yolu VEMP'lerden daha az etkilenmektedir. Tedavi sonrası bazı hastalarda kalorik cevap ve vertigo atakları geri dönerken, galvanik akımla uyarılan VEMP'in kaybolduğu hastalarda vestibüler bulgularda tekrarlamaya görülmemektedir. Bu nedenle galvanik uyarı ile kaydedilen VEMP'lerin tedavinin yeterliliğinin değerlendirilmesinde kullanılabileceği ileri sürülmüştür (98).

Bilateral idiopatik vestibülopati nedeniyle kalorik cevapları bilateral alınamayan hastalarda hava yolu VEMP'ler normal olarak kaydedilebilmektedir (102). Ancak bu hastalarda karanlıkta denge bozukluğu ve osilopsinin görülmesi sakkül fonksiyonlarının ileri derece bilateral vestibüler lezyonları kompanse etmekte yeterli olmadığını göstermektedir.

### **Whiplash Yaralanması**

Solarino ve arkadaşları(103) whiplash yaralanmasında VEMP testini araştırmışlar ve amplitüdlerin erken dönemde azalıp 3. ayda düzeldiğini, latansların ise hem erken hem de geç dönemde uzamış olduğunu bildirmişler ve VEMP'in adli olarak servikal omurga hasarının incelenmesinde rolü olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

### **Santral Vestibüler Bozukluklarda VEMP**

Servikal ve oküler VEMP'lerin kombine olarak kullanılması ile vestibülo-kollik ve vestibülo-oküler refleks yolları üzerindeki patolojilerin lokalizasyonunda önemli bilgiler elde edilebilmektedir. İki testi birden etkileyen bir patolojinin en muhtemel yerleşim yeri vestibüler sinirin kök giriş bölgesidir (104).

Multipl sklerozlu hastalarda yapılmış pek çok çalışmada küçülmüş amplitüdüler, özellikle p13 latansında uzama ve bazı hastalarda cevabın tamamen kaybolması şeklinde VEMP değişiklikleri gösterilmiştir (49, 105-108). Bu değişikliklerin primer afferentin kök giriş bölgesinde veya sekonder vestibulospinal trakt aksonlarında demyelinizasyona bağlı gecikmelerden kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür (109). Tek başına değerlendirildiğinde VEMP testinin MS'daki hassasiyeti %31-70 arasında bulunmaktadır (106-108) ancak, bazen sessiz lezyonların tanısı konulabilmektedir (105), Bu nedenle VEMP'lerin beyin sapı uyarılmış potansiyelleri tamamlayıcı olarak kullanılması önerilmiştir.

VEMP değişiklikleri veya kayıpları Wallenberg Sendromu (110), Machado-Joseph hastalığı (111) ve serebrovasküler olaylar gibi başka beyin sapı lezyonlarında da (112) gösterilmiştir.

Baziler migrende VEMP'ler sıklıkla alınmaz veya gecikmiş olarak alınır ve iyileşme ile sıklıkla cevaplar düzelir (113). Komplike olmamış migren ve vestibüler migrende ise amplitüdüler ortalama olarak azalmakla birlikte, çoğu vakada elde edilen değerler normal sınırlar içerisinde yer almaktadır (114, 115).

## GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma Haziran 2011 ve Haziran 2013 arasında Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji ve Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalları'nda yapılmıştır. Çalışmaya başlamadan önce Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'ndan izin alınmıştır (10 Mayıs 2011, 2011-10/24).

Gönüllüler Uludağ Üniversitesi çalışanlarından, öğrencilerinden ve Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Polikliniği'ne başvuran hastaların yakınlarından seçilmiştir. Çalışmaya otolojik, nörootolojik, nörolojik, sistemik hastalıkları olmayan, işitme, denge kaybı bulunmayan, boyun bölgesine ait herhangi bir yakınması olmayan ve ilgili bölgelerle ilgili cerrahi geçirmemiş sağlıklı gönüllüler davet edilmiştir. Yapılan kulak burun boğaz muayenesi normal olan gönüllülere yapılacak işlemler anlatılmış ve imzalı onam formu alınmıştır. İkinci aşamaya katılan gönüllülere ek olarak 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz frekanslarda hava yolu ve 500, 1000, 2000, 4000 Hz frekanslarda kemik yolu eşiklerini içerecek şekildeki işitme testlerinde işitme seviyelerinin normal olması ( $\leq 25$  dBHL) ve iki kulak arasında fark olmaması ( $\leq 10$  dBHL) şartları aranmıştır. İşitme testleri sessiz kabinde kalibre edilmiş Interacoustics AC-40 (Interacoustics AC, Assens-Denmark) marka model odyometre cihazı ile yapılmıştır. Altmış beş yaş üzerindeki hastalarda simetrik, bilateral ve ani gelişmemiş olması kaydıyla presbiakuzi ile uyumlu işitme kayıpları bulunan gönüllüler çalışmaya dahil edilmiştir.

İkinci aşamada VEMP testinin normatif değerlerinin yaşlara ve cinsiyete göre belirlenebilmesi için gönüllüler 20-29 yaşlar, 30-39 yaşlar ve 40 yaş ve üzeri olacak şekilde belirlenmiş yaş gruplarının her birine en az 10'ar gönüllü alınacak şekilde seçilmiştir.

Çalışma iki aşamalı olarak yapılmıştır:

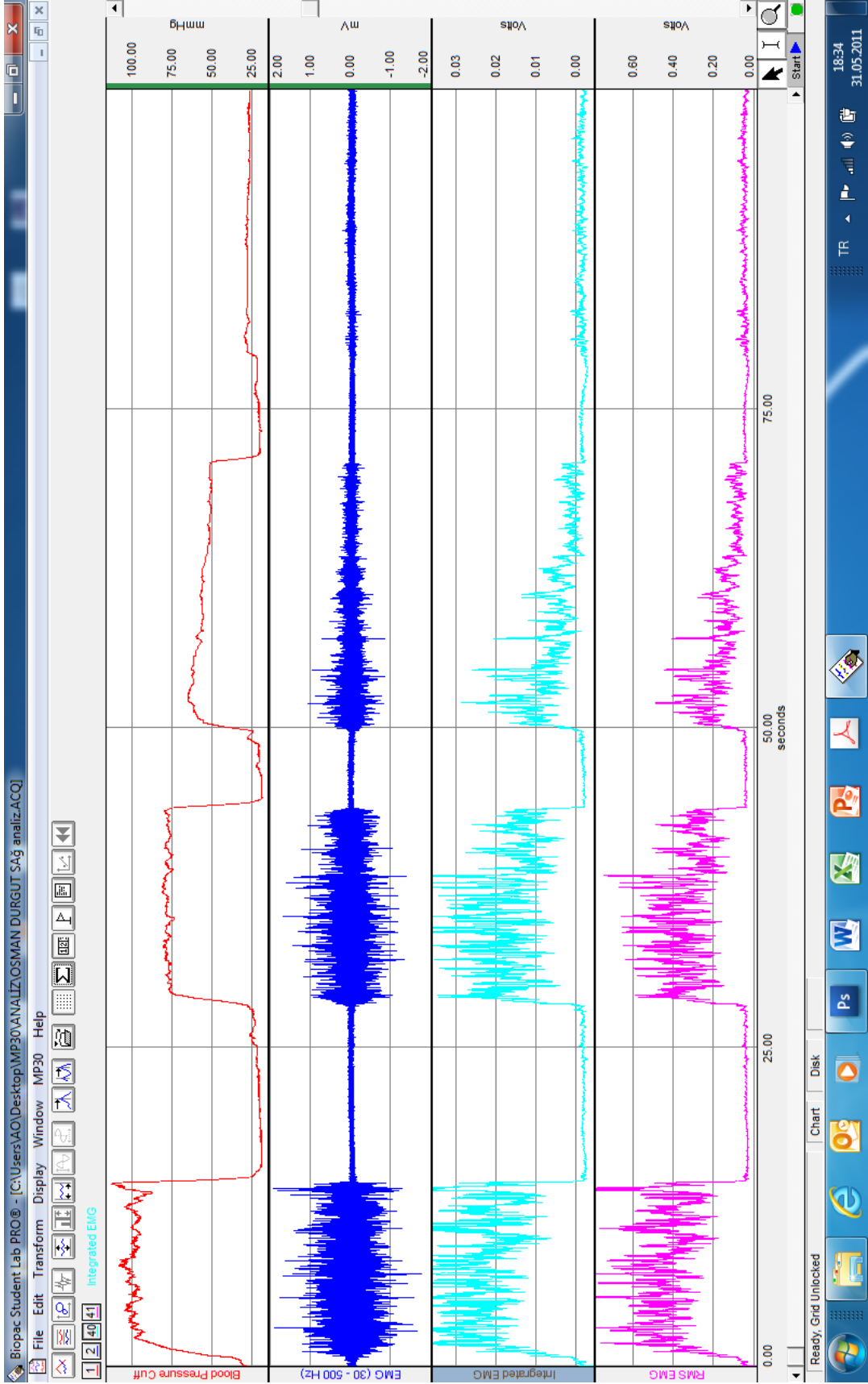
### **Birinci Aşama: Basınç ve EMG İlişkisinin Araştırılması**

Birinci aşamada 32 gönüllü üzerinde çalışılmıştır. VEMP'teki elektrot yerleşimi örnek alınarak gönüllülerin alın (toprak) SKM kası ½ orta kısmı (aktif) ve manubrium sterni (referans) bölgelerine elektrotlar yerleştirilmiş ve MP-30 (Biopac Systems Inc. Goleta, Ca. - ABD) cihazına bağlanarak EMG kaydı alınmıştır. Yine MP-30 cihazına bağlı olan tansiyon aleti ile gönüllülerin SKM kasında oluşturdukları kuvvet eş zamanlı olarak monitörize edilmiştir. Gönüllülerden başlarını 30° öne ve 30° ölçüm yapılacak

SKM kasının karşı tarafına çevirmeleri istenmiştir. Gönüllüler ellerinde tuttıkları 20 mmHg'ye kadar şişirilmiş olan tansiyon aleti manşonunu çene ve yanaklarına temas edecek şekilde tutmuşlar ve başlarını karşı tarafa çevirerek tansiyon aleti manşonuna kuvvet uygulamışlardır (Şekil-2). Bu aşamada gönüllülerin en az 10 saniye süre ile sürdürülebildiği maksimum kasılma kuvveti tespit edilmiştir. Gönüllüler maksimum kasılma gücünde, maksimum kasılma gücünün %75'i, %50'si ve %25'ine karşılık gelen basınç değerlerinde en az 10 saniye süreyle kuvvet uygulamışlardır. Bu sırada SKM kasında oluşan aktivite yüzeyel EMG ile kaydedilmiş ve kaydedilen aktiviteye ait ortalama karekök (root mean square – RMS) EMG değerleri hesaplanmıştır (Şekil-3). Her iki taraf SKM kas için ayrı ayrı ölçüm alınmış ve daha sonra, değişik basınçlarda elde edilen RMS EMG değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir.



Şekil-2. Çalışmanın birinci aşamasında kullanılan ölçüm pozisyonu ve tekniği

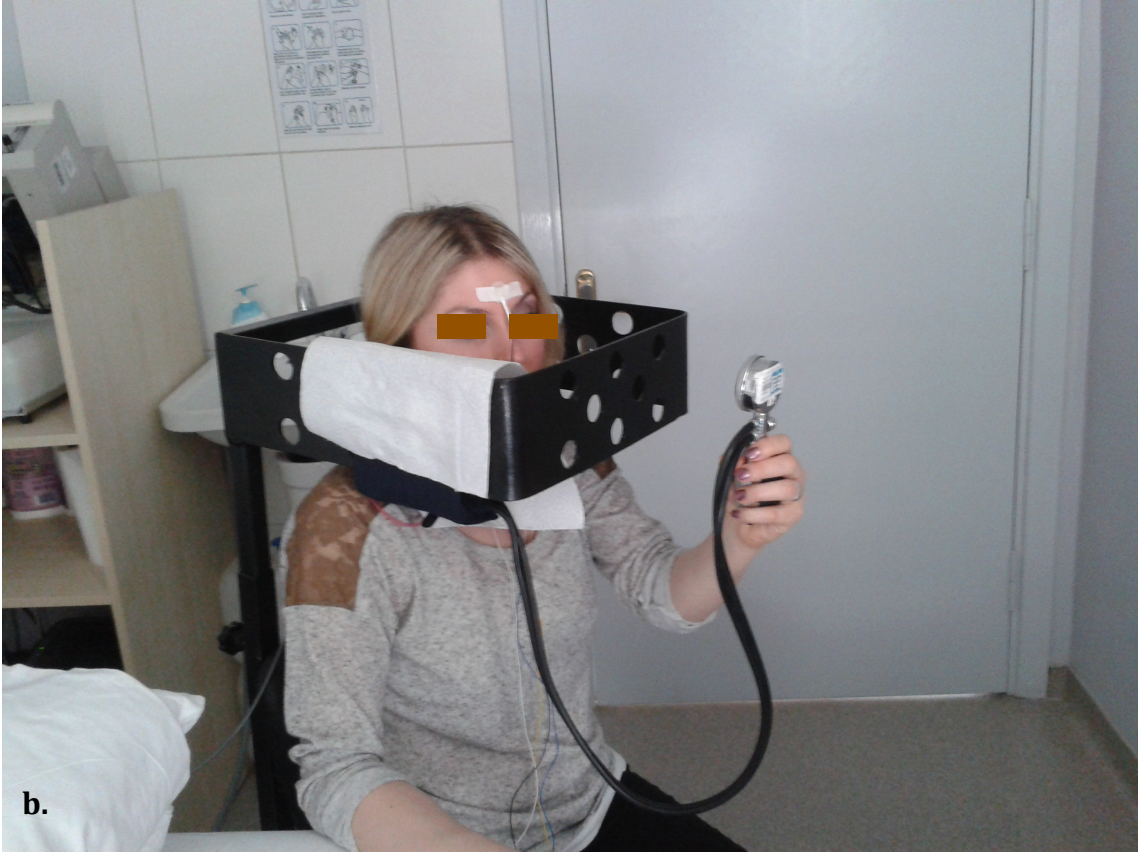


**Şekil-3.** Biopac Student Lab PRO programının sonuç ekranının görüntüsü. En üstteki bölümde tansiyon aletinde oluşturulan basınç, ikinci bölümde işlememiş EMG dalgası, dördüncü bölümde ise ortalama karekök (RMS) EMG görülmektedir.



## İkinci Aşama: VEMP Ölçümleri

İkinci aşamada VEMP ölçümleri yapılmıştır. Bu aşamada öncelikle gönüllülerin başlarının daha iyi konumlandırılabilceği ve tansiyon aletinin tutturulabildiği böylece eller kullanmadan tansiyon aleti manşonuna basınç uygulanabilen bir “VEMP Sandalyesi” tasarlanmış ve yaptırılmıştır (Şekil-4a, b). Standart bir klinik tansiyon aleti manşonu (Erka Perfect-Aneroid. Bad Tölz – Almanya) VEMP sandalyesine takılmıştır. VEMP sandalyesine oturtulan gönüllülerin orta hatta alınlarına ve manubrium sterni üst kenarına, her iki SKM kası orta ½’si önce dermabrazyon sağlayan jel ile (Nuprep – Weaver and Company. Aurora, Colorado - ABD) silinmiştir. Takiben buraya iletkenliği arttırıcı EEG kremi (Ten20– Weaver and Company. Aurora, Colorado - ABD) sürülmüş olan altın elektrotlar yapıştırılmıştır. Alın elektrodu toprak, manubrium sterni elektrodu iki kanalın birleştirildiği aktif (*inverting*) kanal, sol SKM kas üzerindeki elektrot 1. kanal referans (*non-inverting*) ve sağ SKM kas üzerindeki elektrot 2. kanal referans elektrod (*non-inverting*) olarak kullanılacak şekilde bağlanmıştır. Ses uyarısı *insert* tip kulaklıklar kullanılarak sağ ve sol kulak kanalına yerleştirilmiştir. Takiben başlarını 30° öne, 30° test yapılacak tarafın karşısına çevirmeleri istenmiş ve bu pozisyonda 20 mmHg basınca kadar şişirilmiş olan tansiyon aletinin manşonu yanak ve çenelerine temas edecek şekilde VEMP sandalyesi boylarına göre ayarlanmıştır. Test esnasında boyunlarını çevirerek tansiyon aleti manşonunda istenen basıncı oluşturmaları ve ellerinde tuttıkları tansiyon aleti göstergesinde bakarak test süresince aynı seviyede tutmaları istenmiştir.



Şekil-4 a. VEMP sandalyesi ile test için hazırlık aşaması. b. VEMP testi yapılması

VEMP testleri ICS Chartr EP-200 cihazı (marka model) ile yapılmıştır. Uyarılar olarak 500 Hz alternan polariteli *tone-burst* (STB 500) (Blackman zarfı: *rise/fall time*= 2 siklus, plato zamanı= 0 siklus) ve rarefaksiyon polariteli klik (R-klik) (100 ms) uyarılar kullanılmıştır. Uyarılar insert kulaklıklarla saniyede 5 uyarı sıklığında verilmiştir. Her deneme için 150 uyarının ortalaması alınmıştır. Elektrot dirençlerinin 5000 ohm'dan daha düşük olmasına dikkat edilmiştir. EMG sinyalleri cihaz tarafından 5000 kat kazançla yükseltilmiş ve 10 Hz ve 1500 Hz arasında band-geçirgen filtre uygulanmış, 100 ms'nlik pencereler kayıt edilmiştir. Artefakt dışlama uygulanmamıştır.

Ölçümlere başlamadan önce gönüllülerin tansiyon aleti manşonuna kuvvet uygulayarak üretebildikleri maksimum basınç bulunmuştur. VEMP testinde 95 dBnHL (129dB SPL) rarefaksiyon klik veya 90 dBnHL (120 dB SPL) 500 Hz alternan *tone-burst* uyarılar verilirken, tansiyon aletinde sabit 40 mmHg'de ( $P_{40}$ ) veya üretilen maksimum basıncın %50'sine isabet eden basınçta ( $P_{maks\%50}$ ) seviyesinde kasılma sağlandığı iki durumda VEMP ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca 40 mmHg basınçta ve 500 Hz *tone-burst* uyarıda VEMP eşikleri araştırılmıştır. Bunun için 90 dB'deki ölçümden sonra p13, n23 dalgaları kayboluncaya kadar uyarı şiddeti 10 dB'lik basamaklarla azaltılmış, dalgalar kaybolduktan sonra 5 dB artış yapılarak dalgaların oluşup oluşmadığı araştırılmıştır. Ölçümler sağ ve sol taraf için ayrı ayrı yapılmıştır.

Elde edilen kayıtlarda p13 ve n23 dalgalarının latans, tepeden tepeye p13-n23 amplitüdüleri ve eşikleri araştırılmıştır. Elde edilen değerler gönüllülerin sağ ve sol tarafları arasında ve farklı gönüllüler arasında karşılaştırılmıştır. Amplitüd ölçümleri için asimetri oranı iki taraf arasındaki p13 ve n23 tepeleri arasındaki mutlak amplitüd farkının, amplitüdlerin toplamına oranının 100 ile çarpılması yoluyla hesaplanmıştır.

### **İstatistiksel Analiz**

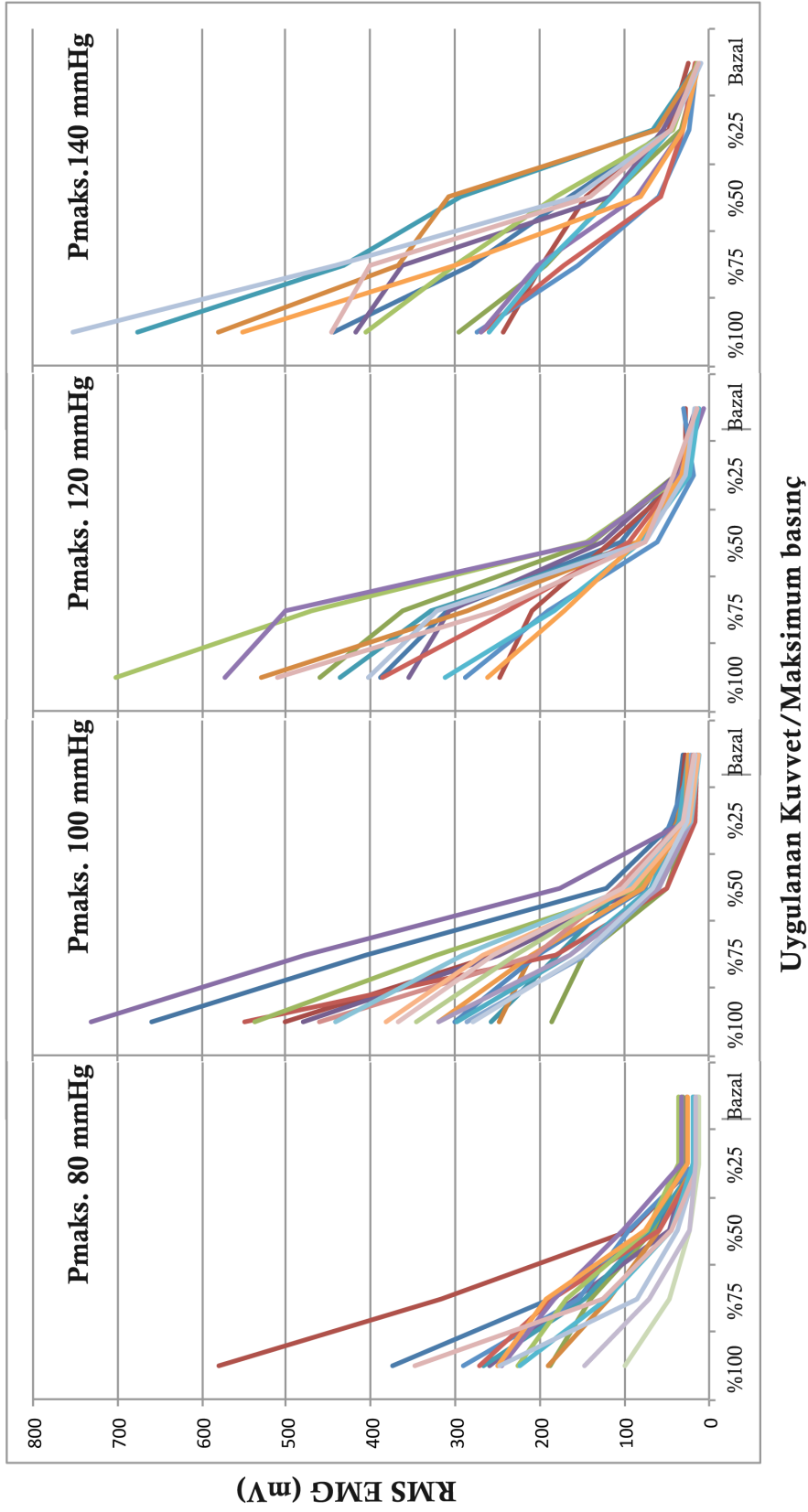
Çalışma verilerinin istatistiksel analizinde, SSPS Statistics 21 (SPSS Inc, IBM, ABD) istatistik paket programı kullanıldı. Sürekli değişkenler dağılım yapısına göre ortalama ve standart sapma veya medyan (minimum-maksimum) olarak, kategorik değişkenler ise (n) ve (%) olarak verilmiştir. Kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasında Pearson ki-kare testi kullanıldı. İki bağımsız grubun karşılaştırılmasında normal dağılım varsa Student T testi, normal dağılım yoksa Mann-Whitney U testi kullanıldı. İki'den fazla bağımsız grupların karşılaştırılmasında Kruskal Wallis testi ve anlamlılık bulunması durumunda alt grup analizinde Mann-Whitney U testi kullanıldı. Bağımlı grupların karşılaştırılmasında Wilcoxon testi kullanıldı. Korelasyon analizinde Spearman's rho ve

varyansların değerlendirilmesi için varyans katsayısı kullanıldı. Anlamlılık düzeyi  $p<0,05$  olarak kabul edildi.

## BULGULAR

### Birinci Aşama

Çalışmanın birinci aşamasında SKM kasın tansiyon aleti manşonu ile geri besleme tekniğinde tansiyon aleti ile ölçülen kas kuvveti ile EMG’de ölçülen zemin aktivitesi arasındaki ilişkinin araştırılması amacıyla 8’i kadın, 24’ü erkek olmak üzere 32 gönüllüde ölçüm yapıldı. Yaşları 21 ve 43 arasında değişmekte olan gönüllülerin yaş ortalaması 32 idi. Gönüllülerin SKM kasları ile oluşturabildikleri maksimum kuvvet, 8 kişide 80 mmHg, 10 kişide 100 mmHg, 7 kişide 120 mmHg ve 7 kişide 140 mmHg olarak bulundu. Bu değerlerin %100, %75, %50 ve %25’inde oluşan kuvvete karşılık gelen RMS EMG değerleri tespit edildi. Ayrıca, literatürde daha önce yapılmış çalışmalarda kullanılmış olan 40 mmHg sabit basınç oluşturacak kuvvete karşılık gelen RMS EMG değeri ölçüldü (7). Kas kuvveti ile RMS EMG değerlerinin doğru ilişkili olduğu ancak kas kuvveti arttıkça RMS EMG’deki artışın lineer olmadığı, daha yüksek oranda artış gösterdiği izlendi (Şekil-5). Çalışmanın hipotezine uygun olarak  $P_{maks\%50}$ ’ye karşılık gelen RMS EMG değerleri ve  $P_{40}$ ’a karşılık gelen RMS EMG değerleri incelendi. Buna göre,  $P_{maks\%50}$ ’de elde edilen RMS EMG ortalaması  $96\pm50.9$  mV,  $P_{40}$ ’ta elde edilen RMS EMG ortalaması  $56\pm17.9$  mV olarak bulundu. Sağ ve sol taraf ölçümleri arasındaki korelasyona bakıldığında  $P_{maks\%50}$ ’ye karşılık gelen basınçta üretilen RMS EMG’ler arasında kuvvetli ilişki ( $r=0,797$ ,  $p<0.001$ ),  $P_{40}$ ’ta üretilen RMS EMG’ler arasında ise orta derecede ilişki ( $r=0.490$ ,  $p=0.004$ ) bulundu. Bu sonuçlarla tezin ikinci aşamasında  $P_{maks\%50}$  ve  $P_{40}$  basınçlarında elde edilecek VEMP ölçümlerinin araştırılmasına karar verildi.



**Şekil-5.** Maksimum basınç seviyeleri ve bu basınçların %100, %75, %50,%25 ve aktivite yapmazken elde edilen ortalama karekök EMG değerleri (RMS EMG: Ortalama karekök EMG, Pmaks: Maksimum üretilebilen basınç)

## İkinci Aşama

İkinci aşamada çalışmanın birinci aşamasında elde edilen veriler göz önünde bulundurularak, kas kasılmasında  $P_{maks\%50}$  ve  $P_{40}$  basınç değerleri oluşturularak ölçümler yapıldı. Yüz sağlıklı gönüllüde VEMP ölçümleri yapıldı. Gönüllülerin 48'i erkek, 52'si kadındı. Yaşları 20 ile 68 arasında değişen gönüllülerin yaş ortalaması  $38\pm12$  olarak bulundu. Gönüllüler 20-29, 30-39 ve 40 yaş üzeri olacak şekilde yaşa ve cinsiyete göre gruplara ayrılarak incelendi (Tablo-1). Yaş grupları arasında SKM kas ile oluşturulabilen kuvvet değerinde fark izlenmezken ( $p=0.252$ ), kadınların erkeklere göre daha düşük kuvvetler oluşturabildikleri izlendi ( $p<0.001$ ).

Çalışmada sabit 40 mmHg basınç ve  $P_{maks\%50}$  ölçümlerinin kesiştiği maksimum basınç değeri 80 mmHg'dir. Bu değer altındaki maksimum basınçlarda sabit 40 mmHg basınç  $P_{maks\%50}$ 'yi geçmektedir. Gönüllülerin 11 tanesinde maksimum basınç 80 mmHg altında bulundu (3 gönüllüde 50 mmHg, 6 gönüllüde 60 mmHg ve 2 gönüllüde 70 mmHg). Bu gönüllülerin tamamı kadındı. Maksimum basınç değeri 80 mmHg ve üzeri olanlarda yaş ortalaması  $36,7\pm11,4$  altında olanlarda ise  $45,9\pm16$  olarak bulundu ve yaştaki bu farkın anlamlı olduğu görüldü ( $p=0.018$ ).

Klik uyarı ile gönüllülerde tekrarlanabilir VEMP kayıtları elde edilemedi ve klik uyarı ölçümü çalışma dışında bırakıldı. STB 500 uyarı kullanımı ile gönüllülerin 41'inde iki SKM kastan VEMP ölçümü yapılabilirken, 23 kişide tek taraflı, 36 kişide iki taraflı olarak VEMP dalgaları tespit edilemedi (Tablo-1). Kulak bazında VEMP cevap oranı %53 olarak bulundu. VEMP cevap oranı incelendiğinde yaş grupları ( $p=0.148$ ) ve cinsiyet ( $p=0.255$ ) açısından fark bulunmadı.

Gönüllülerde VEMP kaydı alınabilmesi ile oluşturulan kas kuvveti arasındaki ilişki araştırıldı (Tablo-2). Kas kuvvetinin VEMP cevap oranı üzerinde etkili olmadığı görüldü ( $p=0.374$ ). Hedeflenen maksimum kas kuvveti olan 80 mmHg basıncı oluşturamayan 11 gönüllünün 22 kulağa ait VEMP testlerinin sadece 4'ünde cevap alınırken, 80 mmHg ve üzerinde basınç oluşturabilen 89 gönüllünün 178 kulağının 94'ünde cevap alındı ve aradaki fark anlamlı bulundu ( $p=0.002$ ).

Her iki ölçüm için uygun maksimum basınç değeri oluşturabilen gönüllülerde, kulak bazında  $P_{40}$  ve  $P_{maks\%50}$  ölçümlerindeki cevap oranına bakıldığında ( $P_{40}$ 'ta 67 pozitif 65 negatif,  $P_{maks\%50}$ 'de 71 pozitif 61 negatif) arada fark olmadığı görüldü ( $p=0,622$ ).

**Tablo-1.** Gruplara göre demografik veriler, maksimum basınç değerleri ve cevap alınma sayısı dağılımları

Cinsiyet	Grup	Yaş	Maksimum Basınç (mmHg)	Cevap Alınma Sayısı				Toplam
				BP	Sağ P	Sol P	BN	
Erkek	20-29	26,9±1,9	109,3±16,9	7	2	3	2	14
	30-39	34,5±2,6	116,7±15	7	0	2	6	15
	>40	50,1±7,7	96,3±18	6	0	7	6	19
	Toplam	38,5±11,2	106,5±18,6	20	2	12	14	48
Kadın	20-29	22±2,1	86,9±19,9	8	2	2	4	16
	30-39	34,7±2,6	84,3±12,5	7	3	0	5	15
	>40	50,2±8,4	84,8±22,1	6	1	1	13	21
	Toplam	37,1±13,2	85,3±18,7	21	6	3	22	52
Toplam	20-29	24,3±3,1	97,3±21,5	15	4	5	6	30
	30-39	34,6±2,6	100,5±21,3	14	3	2	11	30
	>40	50,2±7,9	90,3±20,8	12	1	8	19	40
	Toplam	37,7±12,3	95,5±21,4	41	8	15	36	100

BP: bilateral pozitif, P: pozitif, BN: bilateral negatif

**Tablo-2.** Gönüllülerin oluşturabildikleri maksimum kas kuvvetinin gruplara, cinsiyete ve VEMP cevabı alınabilmesine göre dağılımı

Cinsiyet	Grup	Maksimum Basınç (mmHg)				Toplam
		Bilateral P	Sağ P	Sol P	Bilateral N	
Erkek	20-29	101,4±3,8	100	113,3±23,1	140	109,3±16,9
	30-39	118,6±3,8	UD	100	120±21,9	116,7±15
	>40	86,7±10,3	UD	94,3±9,8	108,3±25,6	96,3±18
	Toplam	103±14,5	100	100±14,8	117,9±23,6	106,5±18,6
Kadın	20-29	98,8±21	80	80	70±11,5	86,9±19,9
	30-39	77,1±13,8	93,3±5,8	UD	89±8,2	84,3±12,5
	>40	103,3±15,1	100	90	74,6±20,3	84,8±22,1
	Toplam	92,9±20	90±8,9	83,3±5,8	77,1±17,7	85,3±18,7
Toplam	20-29	100±15,1	90±11,5	100±24,5	93,3±37,2	97,3±21,5
	30-39	97,9±23,6	93,3±5,8	100	105,9±23	100,5±21,3
	>40	95±15,1	100	93,8±9,2	85,3±26,7	90,3±20,8
	Toplam	97,8±18,1	92,5±8,9	96,7±15	92,9±28,3	95,5±21,4

P: pozitif, N: negatif, UD: uygun değil.

VEMP ölçümlerinde elde edilen p13, n23 latansları ve p13-n23 amplitüdüleri Tablo-3, 4 ve 5’de görülmektedir.



**Tablo-3.** Cinsiyet, yaş grupları, basınç seviyeleri ve VEMP kaydı elde edilebilme durumuna göre P13 dalgası latans değerleri (ortalama±standart sapma).

Cinsiyet	Grup	Maksimum Basınç (mmHg)	P13 Latans (msn)											
			P%50 (n)						P40 (n)					
			Bilateral P		Sag P		Sol P		Bilateral P		Sag P		Sol P	
Erkek	20-29	109,3±16,9	16±1,3 (7)	15,5±0,2 (6)	16,1±0,2 (2)	15,8±2,5 (3)	15,9±1,7 (7)	15,9±0,6 (7)	16,2±0,3 (2)	18±0,4 (2)				
	30-39	116,7±15	17,1±2,5 (7)	17,1±2,5 (6)	UD (0)	15,2±0,7 (2)	17,4±2,8 (7)	17,3±2,3 (7)	UD (0)	15,1±0,8 (2)				
	>40	96,3±18	15,4±0,4 (2)	15,4±0,5 (2)	UD (0)	15,5±0,7 (5)	16,2±0,7 (6)	15,2±1 (6)	UD (0)	16±0,9 (7)				
	Toplam	106,5±18,6	16,4±1,9 (16)	16,2±1,8 (14)	16,1±0,2 (2)	15,5±1,3 (10)	16,5±2 (20)	16,2±1,7 (20)	16,2±0,3 (2)	16,2±1,2 (11)				
Kadın	20-29	86,9±19,9	16,6±1,4 (6)	17±1,5 (6)	13,4 (1)	UD (0)	16,4±0,8 (8)	16,9±1,4 (7)	15,6 (1)	16,6±0,2 (2)				
	30-39	84,3±12,5	21,8 (1)	19,9 (1)	18,9±2,2 (3)	UD (0)	17,7±1,9 (6)	18,3±2,5 (6)	18,4±2,9 (3)	UD (0)				
	>40	84,8±22,1	15,4±0,9 (5)	15,3±0,6 (5)	15,9 (1)	13,7 (1)	15,9±1,5 (6)	16,8±2,7 (4)	16,2 (1)	14,6 (1)				
	Toplam	85,3±18,7	16,5±2,1 (12)	16,5±1,8 (12)	17,2±2,9 (5)	13,7 (1)	16,6±1,5 (20)	17,4±2,2 (17)	17,4±2,5 (5)	15,9±1,2 (3)				
Toplam	20-29	97,3±21,5	16,3±1,3 (13)	16,3±1,3 (12)	15,2±1,6 (3)	15,8±2,5 (3)	16,1±1,3 (15)	16,4±1,2 (14)	16±0,4 (3)	17,3±0,8 (4)				
	30-39	100,5±21,3	17,7±2,8 (8)	17,5±2,5 (7)	18,9±2,2 (3)	15,2±0,7 (2)	17,5±2,3 (13)	17,8±2,4 (13)	18,4±2,9 (3)	15,1±0,8 (2)				
	>40	90,3±20,8	15,4±0,7 (7)	15,3±0,5 (7)	15,9 (1)	15,2±1 (6)	16±1,1 (12)	15,8±1,9 (10)	16,2 (1)	15,8±1 (8)				
	Toplam	95,5±21,4	16,5±1,9 (28)	16,4±1,8 (26)	16,9±2,5 (7)	15,4±1,4 (11)	16,6±1,8 (40)	16,7±2 (37)	17,1±2,1 (7)	16,1±1,2 (14)				

P: pozitif, UD: uygun değil.

**Tablo-4.** Cinsiyet, yaş grupları, basınç seviyeleri ve VEMP kaydı elde edilebilme durumuna göre N23 dalgası latans değerleri (ortalama±standart sapma).

Cinsiyet	Grup	Maksimum Basınç (mmHg)	N23 Latans (msn)						P40 (n)	
			P%50 (n)			Bilateral P			Sol P	
			Sağ	Sol	Sağ P	Sol P	Sağ	Sol	Sağ P	Sol P
Erkek	20-29	109,3±16,9	25,8±1,6 (7)	24,3±1,1 (6)	21,6±0,4 (2)	20,2±2,3 (3)	25,7±2,5 (7)	25±0,9 (7)	21,3±0,5 (2)	23,6±0,3 (2)
	30-39	116,7±15	24,1±1 (7)	24,2±1,6 (6)	UD (0)	22,6±0,8 (2)	24,7±1,7 (7)	24,7±1,1 (7)	UD (0)	24,2±0,6 (2)
	>40	96,3±18	25,8±0,1 (2)	24,5±0,1 (2)	UD (0)	22,1±1 (5)	24,4±1,6 (6)	23,6±1 (6)	UD (0)	22,8±1,3 (7)
	Toplam	106,5±18,6	25,1±1,5 (16)	24,3±1,2 (14)	21,6±0,4 (2)	21,6±1,6 (10)	25±2 (20)	24,5±1,1 (20)	21,3±0,5 (2)	23,2±1,1 (11)
Kadın	20-29	86,9±19,9	22,9±0,5 (6)	23,6±0,8 (6)	19,3 (1)	UD (0)	23,4±1,4 (8)	24,2±1,3 (7)	23,9 (1)	24,3±0,2 (2)
	30-39	84,3±12,5	27,9 (1)	24,6 (1)	24±2,1 (3)	UD (0)	24,6±1,9 (6)	24,9±2,4 (6)	24±2,1 (3)	UD (0)
	>40	84,8±22,1	23,7±1,4 (5)	24,7±2,8 (5)	23,1 (1)	18,1 (1)	25,1±1,2 (6)	24,7±1,7 (4)	23,3 (1)	19,3 (1)
	Toplam	85,3±18,7	23,6±1,7 (12)	24,1±1,9 (12)	22,9±2,5 (5)	18,1 (1)	24,3±1,6 (20)	24,6±1,8 (17)	23,8±1,5 (5)	22,6±2,9 (3)
Toplam	20-29	97,3±21,5	24,5±2 (13)	23,9±1 (12)	20,8±1,4 (3)	20,2±2,3 (3)	24,5±2,2 (15)	24,6±1,2 (14)	22,2±1,6 (3)	24±0,4 (4)
	30-39	100,5±21,3	24,6±1,6 (8)	24,3±1,4 (7)	24±2,1 (3)	22,6±0,8 (2)	24,6±1,7 (13)	24,8±1,7 (13)	24±2,1 (3)	24,2±0,6 (2)
	>40	90,3±20,8	24,3±1,6 (7)	24,7±2,3 (7)	23,1	21,4±1,8 (6)	24,8±1,4 (12)	24,1±1,3 (10)	23,3 (1)	22,4±1,7 (8)
	Toplam	95,5±21,4	24,5±1,7 (28)	24,2±1,5 (26)	22,5±2,2 (7)	21,3±1,9 (11)	24,6±1,8 (40)	24,5±1,4 (37)	23,1±1,8 (7)	23,1±1,5 (14)

P: pozitif, UD: uygun değil.

**Tablo-5.** Cinsiyet, yaş grupları, basınç seviyeleri ve VEMP kaydı elde edilebilme durumuna göre P13-N23 amplitüd değerleri (ortalama±standart sapma).

Cinsiyet	Grup	Maksimum Basınç (mmHg)	P13-N23 Amplitüd (µV)							
			P%50 (n)			P40 (n)				
			Bilateral P		Bilateral P		Sol P			
			Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ P	Sol P		
Erkek	20-29	109,3±16,9	72,4±34,9 (7)	95,1±48,1 (6)	98,5±5,6 (2)	77,3±7,3 (3)	65,3±46,8 (7)	55,6±2,2 (2)	52,1±3,9 (2)	
	30-39	116,7±15	91,4±53,5 (7)	84,8±43 (6)	UD (0)	121±7,7 (2)	49,3±27,2 (7)	UD (0)	67,1±5,3 (2)	
	>40	96,3±18	126,9±7,3 (2)	208,6±13,4 (2)	UD (0)	96±26,6 (5)	95±55,7 (6)	UD (0)	48,8±35,5 (7)	
	Toplam	106,5±18,6	87,5±44,2 (16)	106,9±59,1 (14)	98,5±5,6 (2)	95,4±24,2 (10)	68,6±45,9 (20)	65,4±47 (20)	55,6±2,2 (2)	52,7±28,5 (11)
Kadın	20-29	86,9±19,9	102,2±50 (6)	173,9±97,5 (6)	41,8 (1)	UD (0)	66,8±45,8 (8)	103,7±50,2 (7)	44,4 (1)	47,8±2,4 (2)
	30-39	84,3±12,5	81,5 (1)	23,7 (1)	52±18,2 (3)	UD (0)	39,5±12,8 (6)	40,7±16,7 (6)	41,4±1,6 (3)	UD (0)
	>40	84,8±22,1	137,8±112 (5)	82,9±66,8 (5)	96,9 (1)	80,6 (1)	109,4±59,4 (6)	87,8±98,7 (4)	78,1 (1)	59,1 (1)
	Toplam	85,3±18,7	115,3±78,2 (12)	123,5±94,8(12)	58,9±25,2 (5)	80,6 (1)	71,4±50,3 (20)	77,7±60,8 (17)	49,3±16,2 (5)	51,6±6,7 (3)
Toplam	20-29	97,3±21,5	86,1±43,5 (13)	134,5±84,1 (12)	79,6±33 (3)	77,3±7,3 (3)	66,1±44,6 (15)	83,1±45,4 (14)	51,9±6,6 (3)	50±3,6 (4)
	30-39	100,5±21,3	90,2±49,6 (8)	76,1±45,6 (7)	52±18,2 (3)	121±7,7 (2)	44,8±21,5 (13)	46,3±28,9 (13)	41,4±1,6 (3)	67,1±5,3 (2)
	>40	90,3±20,8	134,7±91,6 (7)	118,8±82,3 (7)	96,9 (1)	93,4±24,6 (6)	102,2±55,5 (12)	86,3±77 (10)	78,1 (1)	50,1±33,1 (8)
	Toplam	95,5±21,4	99,4±61,5 (28)	114,5±76,5 (26)	70,3±28,3 (7)	94±23,4 (11)	70±47,5 (40)	71±53,4 (37)	51,1±13,6 (7)	52,5±25,1 (14)

P: pozitif, UD: uygun değil.

p13, n23 latansları, p13-n23 amplitüdleri ve uyarı eşikleri kulak bazında cinsiyete, yaş gruplarına ve maksimum basınç seviyesine göre 100 mmHg altı veya 100 mmHg ve üstü olarak karşılaştırılarak incelendi.

Değişkenlerin cinsiyete göre farklılık göstermedikleri görüldü (Tablo-6).

**Tablo-6.** Cinsiyete göre p13, n23 latansları, p13-n23 amplitüdleri ve uyarı eşiklerinin kulak bazında incelenmesi (p değerleri).

	p13 Latansı	n23 Latansı	p13-n23 Amplitüdü	Eşik
P <sub>40</sub>	0.194	0.864	0.472	0.420
P <sub>maks%50</sub>	0.385	0.244	0.797	

P<sub>maks%50</sub>: üretilen maksimum basıncın %50'sine isabet eden basınç. P<sub>40</sub>: sabit 40 mmHg basınç

Yaş gruplarına göre her iki basınç seviyesinde p13 latansında ve P<sub>40</sub> ölçümlerinde amplitüdlere farklılık görüldü (Tablo-7). Üç yaş grubu ayrı ayrı incelendiğinde p13 latansının 40-69 yaş grubunda 20-29 (p=0,015) ve 30-39 (p=0,002) yaş gruplarına göre anlamlı derecede düşük olduğu görüldü (Tablo-8). P<sub>40</sub> ölçümlerinde amplitüdlere oluşan farkın da 30-39 yaş grubunda amplitüdlere 20-29 (p=0,009) ve 40-69 (p=0.02) yaş gruplarına göre düşük olmasından kaynaklandığı görüldü (Tablo-8). Yaş gruplarına göre üretilen maksimum basınç incelendiğinde gruplar arasında anlamlı farklılık bulundu (p=0,027). Bu farkın 30-39 yaş grubunda 40-69 yaş grubuna (p=0,008) göre daha yüksek basınçlar üretilmesinden kaynaklandığı anlaşıldı (Tablo-8).

**Tablo-7.** Yaş gruplarına göre p13, n23 latansları, p13-n23 amplitüdleri ve uyarı eşiklerinin kulak bazında incelenmesi (p değerleri).

	p13 Latansı	n23 Latansı	p13-n23 Amplitüdü	Eşik
P <sub>40</sub>	<b>0.009</b>	0.256	<b>0.015</b>	0.793
P <sub>maks%50</sub>	<b>0.004</b>	0.385	0.303	

P<sub>maks%50</sub>: üretilen maksimum basıncın %50'sine isabet eden basınç. P<sub>40</sub>: sabit 40 mmHg basınç

**Tablo-8.** Yaş gruplarına göre anlamlı farklılık oluşturan verilerin incelenmesi

	20-29 yaş	30-39 yaş	40-69 yaş
p13 Latansı (msn)	16,15±1,42	17,56±2,52	15,31±0,71
p13-n23 Amplitüdü ( $\mu$ v)	69,69±41,43	46,90±23,90	84,55±62,30
Maksimum Basınç (mmHg)	97,33±21,30	100,50±21,13	90,25±20,68

Basınç gruplarına göre incelendiğinde p13 ve n23 latanslarında farklılık saptandı (Tablo-9). Buna göre maksimum basınç değeri yüksek olan gönüllülerin p13 latansları daha kısayken, n23 latansları daha uzundu (Tablo-10).

**Tablo-9.** Maksimum basınç seviyesine göre p13, n23 latansları, p13-n23 amplitüdüleri ve uyarı eşiklerinin kulak bazında incelenmesi (p değerleri).

	p13 Latansı	n23 Latansı	p13-n23 Amplitüdü	Eşik
P <sub>40</sub>	<b>0.017</b>	<b>0.005</b>	0.115	0.674
P <sub>maks%50</sub>	0.053	0.063	0.235	

P<sub>maks%50</sub>: üretilen maksimum basıncın %50'sine isabet eden basınç. P<sub>40</sub>: sabit 40 mmHg basınç

**Tablo-10.** Maksimum basınç seviyesine göre anlamlı farklılık oluşturan verilerin incelenmesi

	< 100 mmHg	≥ 100 mmHg
p13 Latansı (msn)	16,98±1,76	16,36±1,80
n23 Latansı (msn)	23,79±1,74	24,55±1,70

Gönüllülerin uyarı eşiği sağ kulak için 83,90±6,18 sol kulak için 83,41±6,84 olarak saptandı. Uyarı eşiğinin yaş ve cinsiyete göre değişiklik göstermediği görüldü.

Gönüllülerin iki kulaklarında tespit edilen VEMP uyarı eşiği 18 gönüllüde eşit, 12 gönüllüde 5 dB farklı, 7 gönüllüde 10 dB farklı ve 4 gönüllüde 15 dB farklı olarak bulundu.

Bilateral VEMP ölçümleri yapılabilen gönüllülerde elde edilen sağ ve sol taraf p13, n23 latansları ve p13-n23 amplitüdüleri ve uyarı eşikleri sağ ve sol taraflar bağımsız olarak birbirleri ile karşılaştırıldı ve arada fark olmadığı görüldü (Tablo-11). Aynı veriler kişilerin sağ ve sol tarafı bağımlı gruplar şeklinde incelendi ve arada fark olmadığı görüldü (Tablo-12)

**Tablo-11.** Sağ ve sol taraf p13, n23 latansları, p13-n23 amplitüdüleri ve uyarı eşiklerinin bağımsız gruplar şeklinde incelenmesi (p değerleri).

	p13 Latansı	n23 Latansı	p13-n23 Amplitüdü	Eşik
P <sub>40</sub>	0,951	0,858	0,756	0,858
P <sub>maks%50</sub>	0,782	0,678	0,64	

P<sub>maks%50</sub>: üretilen maksimum basıncın %50'sine isabet eden basınç. P<sub>40</sub>: sabit 40 mmHg basınç

**Tablo-12.** Sağ ve sol taraf p13, n23 latansları, p13-n23 amplitüdüleri ve uyarı eşiklerinin bağımlı gruplar şeklinde incelenmesi (p değerleri).

	p13 Latansı	n23 Latansı	p13-n23 Amplitüdü	Eşik
P <sub>40</sub>	0,694	0,928	0,388	0,721
P <sub>maks%50</sub>	0,212	0,638	0,79	

P<sub>maks%50</sub>: üretilen maksimum basıncın %50'sine isabet eden basınç. P<sub>40</sub>: sabit 40 mmHg basınç

P<sub>40</sub> ve P<sub>maks%50</sub> ölçümlerinde elde edilen p13, n23 latansları, p13-n23 amplitüdüleri birbirleri ile karşılaştırıldığında p13 ve n23 latansları benzer olarak bulunurken, p13-n23 amplitüdülerinin P<sub>maks%50</sub> ölçümünde (94,17±57,48) P<sub>40</sub> ölçümünden (67,95±45,81) daha yüksek olduğu (p=0,006) izlendi.

p13-n23 amplitüdülerinin asimetri oranları hesaplandığında P<sub>40</sub> seviyesinde 0,238±0,161; P<sub>maks%50</sub> seviyesinde 0,279±0,142 olarak bulundu. Asimetri oranları cinsiyete (P<sub>40</sub>'ta p=0,752; P%50'de p=0,94), ve yaş gruplarına göre (P<sub>40</sub>'ta p=0,947; P%50'de p=0,064) farklılık göstermiyordu. Aynı kişilerin 40 mmHg ve maksimum basıncın %50'si seviyesinde elde edilen asimetri oranları arasında fark yoktu (p=0.935). Farklı bireylerde elde edilen asimetri oranları incelendiğinde fark bulunmadı (p=0.167)

P<sub>40</sub> ve P<sub>maks%50</sub> ölçümlerinin sağ ve sol taraflar arası değişkenlikleri varyans katsayısı ile değerlendirildiğinde p13-n23 amplitüdü ve n23 latansında daha belirgin olmak üzere P<sub>40</sub>'ta değişkenlik daha fazla izlenmiştir (Tablo-13).

**Tablo-13.** Varyans katsayısı ile  $P_{40}$  ve  $P_{maks\%50}$  ölçümlerinde sağ ve sol taraflar arası değişkenliğin değerlendirilmesi

	$P_{maks\%50}$	$P_{40}$
p13 Latansı	%83,5	%84,4
n23 Latansı	%66	%83,6
p13-n23 Amplitüdü	%51	%67,5

Bilateral sonuç alınan gönüllülerin sonuçlarına göre latans ve asimetri oranları için ortalamanın 2 standart sapma dışı, p13-n23 amplitüdü için ortalamanın 1 standart sapma dışı kriter alınarak elde edilen normatif değerler Tablo-14’de görülmektedir.

**Tablo-14.** Normatif değerler

	$P_{maks\%50}$	$P_{40}$
p13 Latansı (msn)	12,7 - 20,1	12,9 - 20,4
n23 Latansı (msn)	21,1 - 27,6	21,3 - 27,8
P13-n23 Amplitüdü ( $\mu V$ )	37,8-176,7	19,8-122,5
Asimetri oranı	0,564	0,56

$P_{maks\%50}$ : üretilen maksimum basıncın %50’sine isabet eden basınç.  $P_{40}$ : sabit 40 mmHg basınç

## TARTIŞMA VE SONUÇ

VEMP veya daha güncel kullanımı ile cVEMP testi vestibüler sistemin değerlendirilmesinde faydalı bir test olarak giderek yaygınlaşmaktadır. Bununla birlikte, bazı sorunları henüz çözülememiş olup üzerinde çalışmalar yoğun olarak devam etmektedir. VEMP ile ilgili en önemli nokta inhibitör bir cevap olmasıdır. Bu nedenle uyarılmış potansiyel kayıt sisteminde bir cevap elde edilmesi için SKM adalenin aktive edilmesi gerekir. Buna göre adalenin ateşleme oranında, uyarıya cevaben bir azalma kaydedilebilmesi için yeterli EMG aktivitesi bulunmalıdır.

### VEMP Ölçüm Tekniği

VEMP testi hastaya iki farklı pozisyonda yapılabilmektedir. Bu pozisyonlar temel olarak SKM adalede kas aktivitesinin sağlanması için verilmektedir. Bazı otörler hasta yatar, yarı-yatar vaziyette iken başın kaldırılması şeklinde kas aktivitesi sağlarken, bazı otörler oturur pozisyonda baş rotasyonu tekniğini kullanmaktadırlar. Yatar pozisyonun daha yüksek amplitüd sağlaması ve cevap oranının yüksekliği nedeniyle baş rotasyonundan üstün olduğu belirtilerek, SKM adaleyi aktive etmenin optimal metodunun (en büyük VEMP amplitüdü ve en iyi test tekrarlanabilirliği sağlayan metot) hastanın yarı yatar (semirecumbent) vaziyetteyken başını fleksiyona ve uyarılan kulağın karşı tarafına rotasyonu şeklinde olduğu ileri sürülmüştür (116-118). Ancak özellikle yaşlı hastaların yatar pozisyonu devam ettirmekte zorlanarak kompliyansı düşürdükleri bildirilmiştir (118). Oturur pozisyonda baş rotasyonu hasta konforunu ve test toleransını arttırmaktadır. Değişik frekanslarda test yapılması, eşik araştırılması gibi farklı test koşullarının pratiğe girmesi sonucu test süresi uzamakta ve hastanın daha fazla efor harcaması gerekmektedir. Bu nedenle oturur pozisyonda test tekniği avantajlı hale gelmiştir. Ancak bu pozisyonda kas aktivasyonu daha az gerçekleşebilmektedir (118).

Yeterli EMG aktivitesinin sağlandığından emin olmanın yanında özellikle sağ ve sol taraf ölçümlerinin daha doğru bir karşılaştırmasının yapılmasını sağlamak için de her ölçümde EMG aktivitesinin kontrol edilmesi gereklidir. Bazı otörler her iki taraf için ölçümü aynı anda yapmayı önermişlerdir. Yatar, yarı yatar ve baş elevasyonu pozisyonunda baş nötral durumda tutularak veya oturur pozisyonda baş nötral durumda bir bara basınç uygulanması tekniği ile bilateral SKM adale aktivasyonu sağlanabilir. Eşzamanlı iki taraf VEMP testi yapılması toplam test süresini azaltır ve simetrik kasılma elde edilerek avantaj sağlayabilir (36) ancak, bu pozisyon hasta açısından birim sürede daha fazla efor gerektirmektedir ve adalede oluşan aşırı kasılma artefaktlara neden olmaktadır (40). Aynı anda bilateral test



yapılması SKM adale ve sternumun yakın ilişkisi nedeniyle elektriksel artefaktın orta hattı geçerek testi etkilemesi riski vardır (119). Monoaural ve binaural uyarı verilerek ve unilateral ve bilateral kas kasılması kombinasyonları ile oluşturulan dört farklı kayıt metodunun karşılaştırıldığı bir çalışmada tek kulaktan uyarı ve aynı taraftan kayıt yapılan tekniğin en güvenilir sonuçları verdiği bildirilmiştir (37). Bununla birlikte, iki tarafın aynı anda kaydedilmesi, yaşlılar ve küçük çocuklar gibi kooperasyonun sağlanmasının zor olduğu zaman ve kuvvetten tasarruf edilmesinin gerekli olduğu durumlarda uygulanması faydalı olabilir.

VEMP ölçümü sırasında tonik EMG aktivitesinin takibi ve sonuç üzerindeki etkisinin azaltılması için çeşitli metotlar geliştirilmiştir. Bu sayede gerçek bir vestibüler bozukluk mu bulunduğu yoksa simetrik EMG seviyesinin sağlanamamasının mı asimetrik cevaplara neden olduğu doğru yorumlanabilir. Tonik EMG aktivitesinin kontrolü için iki metot önerilmiştir. Bunlardan birincisi, hastanın EMG aktivitesini görsel veya işitsel bir hedefe göre kendi kendine ayarlaması (1) diğeri ise, uyarılmış potansiyel amplitüdünün EMG aktivitesine göre matematiksel olarak düzeltilmesidir (normalizasyon) (120). İlk metot için hastanın rektifiye EMG aktivitesi osiloskop üzerinde gösterilerek hastaya görsel bir hedef oluşturur. Vertikal aks amplitüdü, horizontal aks ise zamanı gösterir. Bu yol, hastanın anlık EMG seviyesinin istenen hedefe göre durumunu takip etmesine olanak sağlar ve buna göre hastadan hedef aralığını tutturacak şekilde EMG aktivitesini arttırması veya azaltması istenir. Bununla birlikte sağ ve sol SKM adale ile aynı EMG seviyesini oluşturamayan hastalar vardır. Örnek olarak servikal spondiloz hastaları başlarını sağa veya sola döndürdüklerinde ağrıdan şikayetçi olabilirler ve hastanın iki kasta aynı seviyede kasılma sağlaması mümkün olmayabilir. Bu durumda ikinci metot tercih edilir. Normalizasyon metodunda uyarı öncesindeki 100 milisaniyelik bir aralıktaki EMG aktivitesinin ortalama karekök değeri hesaplanır. Bu ortalama değer in sinyal ortalamasının yapıldığı tüm zamanın EMG seviyesini temsil ettiği kabul edilir ve her VEMP dalgasındaki amplitüd değerine bölünerek EMG aktivitesindeki sağ sol farkını kompanse eder. Normalizasyonun amplitüdün değişkenliğini azalttığı belirtilmiştir (121, 122).

Monitorizasyon ve normalizasyonun VEMP amplitüdülerinde ve asimetri oranlarında sağladıkları fayda McCaslin ve arkadaşları(123) tarafından araştırılmıştır. Bu çalışmada dört durumda VEMP kaydı yapılmıştır: (1) Yarı yatar pozisyonda baş kaldırılarak ve test edilen kulağın karşı tarafına çevirilerek, monitorizasyon veya normalizasyon yapılmadan; (2) yarı yatar pozisyonda baş kaldırılarak ve test edilen kulağın karşı tarafına çevirilerek ve minimum 50  $\mu$ V EMG hedefi konularak; (3) yarı yatar

pozisyonda baş kaldırılarak ve test edilen kulağın karşı tarafına çevrilerek ve amplitüd normalizasyonu ile; (4) yarı yatar pozisyonda baş kaldırılarak ve test edilen kulağın karşı tarafına çevrilerek, minimum 50 µV EMG hedefi konularak ve amplitüd normalizasyonu ile. Görsel hedef konulmasının EMG voltajı üzerinde anlamlı bir etkisi görülmemiştir. Bu durum yarı yatar pozisyonda test yapılmasının zaten kasta maksimum kasılmaya neden olduğu şeklinde yorumlanmış ve bu nedenle optimal test pozisyonunun yarı yatar pozisyonda başın kaldırılması ve rotasyonu olduğu ileri sürülmüştür (41, 123). Görsel hedef konulması ve normalizasyon ile değişkenlikte azalma eğilimi görülmesine rağmen arada anlamlı fark bulunmamıştır. Normalizasyon anormal sonuçların normal sınırlar içine gelmesine neden olmakla birlikte, normal çıkan sonuçların normalizasyon sonrasında anormal değerlere dönüştüğü de görülmüştür.

Ochi ve arkadaşları(124) ham ve normalize VEMP ölçümlerinin test-tekrar test değişkenliği üzerindeki etkisini incelemiş ve arada fark bulamamışlardır.

Bogle ve arkadaşları(125) üç seviyede kas kasılmasının normalize VEMP amplitüdü üzerindeki etkisini araştırdıkları araştırmada, kas kasılması arttıkça VEMP amplitüdünün arttığını ancak bu artışın lineer olmadığı gibi orantılı da olmadığını bulmuşlardır. Çoğu kez kas kasılması arttıkça VEMP amplitüdünün hızla artarak doygunluğa ulaştığı buna bağlı olarak normalize amplitüdün önce artıp sonra azaldığı görülmüştür. Bu nedenle normalizasyonun doğru amplitüd değerlerini sağlayamadığı belirtilmiştir.

Spesifik EMG sistemleri kas aktivitesinin monitorizasyonu için ideal olmakla birlikte, bu cihaz pek çok klinikte rutin olarak bulunmaz. Lim ve arkadaşları(28) VEMP amplitüdünün uyarı şiddeti ve tonik kas aktivitesinin seviyesi ile doğru ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Akin ve arkadaşları(38) ve Colebatch ve arkadaşları(4) EMG aktivitesi arttıkça VEMP amplitüdünün de lineer olarak arttığını bildirmişlerdir ve 30 ile 50 µV'luk bir EMG aktivitesinin VEMP testi için optimal olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca sağ ve sol karşılaştırması yapılabilmesi için tonik EMG seviyesinin değerlendirilmesinin kritik olduğunu belirtmişlerdir. Bu kriterleri sağlayacak alternatif bir metot her klinikte bulunabilecek bir tansiyon aleti manşonunun kullanması ile geliştirilmiştir (7).

Vanspauwen ve arkadaşları (7) EMG takibinin mümkün olmadığı hallerde tansiyon aleti manşonunu kullanarak sağladığı geri besleme ile kas kasılmasını kontrol etme yöntemini bildirilmişlerdir. Bu yöntemde tansiyon aletinin manşonu 20 mmHg'ye kadar şişirilir, test yapılan kişi başını 30° öne ve 30° test edilen tarafın karşısına çevirir. Çenesi ile elinde tuttuğu manşonu 40 mmHg basınç seviyesine getirerek test süresince sabit tutar.

İki mmHg'lik değişiklikler kabul edilir. Eğer EMG ölçümü mümkün ancak, EMG ölçümü ile eşzamanlı test yapılamıyorsa, tansiyon aleti metodu iki taraf için daha önceden belirlenmiş EMG değerlerini sağlayacak şekilde kullanılabilir.

Maes ve arkadaşları (40) oturur pozisyonda sadece tansiyon aleti kullanımını ve baş pozisyonunun titizlikle kontrolü ile güvenilir sonuçlar elde edilebileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada tansiyon aleti manşonunun elle tutulması yerine sabit bir yere tutturulması ile teknik daha da geliştirilmiştir ve yüksek test tekrar test güvenilirlik oranları ve sağ sol taraf uyumu bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda da VEMP sandalyesi geliştirilerek hastaya istenen pozisyonun verilebilmesi ve ellerini kullanmadan manşon üzerinde SKM kas ile basınç oluşturması sağlanmıştır. Tourtilott ve arkadaşları (126) da sabitlenmiş tansiyon aleti manşonu kullanımını ile EMG kontrollü sistemlere alternatif sonuçlar alınabileceğini göstermişlerdir. Qian ve arkadaşları(127) sabitlenmiş tansiyon aletinin farklı bir kullanımını çene ile aşağı doğru bastırılarak 120 mmHg basınca getirildiğinde test edilmesi yöntemini tarif etmiş ve kıyaslanabilir sonuçlar elde etmişlerdir.

Lee ve arkadaşları(128) yarı yatar pozisyonda ve oturur pozisyonda tansiyon aleti manşonu kullanımını ile test yapılmasını ve aynı pozisyonlar üzerinde normalizasyonun etkisini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada test pozisyonları arasında fark bulunmazken, normalizasyon kullanılması sonucu değişkenliğin azaldığı bildirilmiştir.

Sanchez-Andrade ve arkadaşları (129), yarı yatar ve oturur pozisyonun farklarını normalizasyon da kullanarak araştırdıkları çalışmalarında klik uyarı ile latanslar benzerken, TB uyarı kullanıldığında oturur pozisyonun daha uzun latans süreleri oluşturduğunu göstermişlerdir. Bu çalışmada iki pozisyon arasında asıl bulunan fark oturur pozisyonda düzeltilmiş amplitüd değerlerinin daha yüksek olmasıdır. Bu durum normalizasyon için kullanılan EMG aktivitesinin daha küçük olmasına bağlanmıştır. Daha az kas aktivitesi gerekmesi nedeniyle oturur pozisyonun daha konforlu, düzenli ve tutarlı kas kasılması sağlayacağı, dolayısıyla tercih edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

VEMP testinde en önemli parametrelerden bir tanesi amplitüd değeridir. Ancak mutlak amplitüd ölçümleri hem kişiler arasında (intersubject) hem de aynı kişide sağ-sol taraf arasında (intrasubject) yüksek değişkenlik göstermektedir. Sakkül cevabındaki gerçek farklılıkların dışında amplitüd ölçümlerinde değişkenlik yaratan faktörler arasında uyarı şiddeti, kasılma kuvveti, kas kitlesi, yaş, elektrod pozisyonu ve/veya test pozisyonu sayılabilir (120, 123, 130, 131). Ayrıca, Chang ve arkadaşları (54) erişkinlerde VEMP amplitüdülerinin ciltaltı doku kalınlığı ile negatif korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir. Aynı kişinin sağ sol taraf ölçümleri rutin uygulamada kullanılmaktadır. Kişiler arası fark

ise çok daha az araştırılmış bir konudur. van Tilburg ve arkadaşları (132) normalizasyonun asıl olarak kişiler arası değişkenliğin azaltılmasında daha etkili olacağı hipotezi ile yaptıkları çalışmada normalizasyonun kişiler arası varyasyonu azaltmada anlamlı düzeyde etkili olduğunu ve değişkenlik katsayısını (coefficient of variation) %50 oranında azalttığını göstermişlerdir. Ancak sağ sol kulak ölçümleri ve test-tekrar test sonuçlarında fark yaratmadığı görülmüştür. Bizim çalışmamızda sabit basınçtaki ve maksimum basıncın %50'si seviyesindeki VEMP ölçümlerini karşılaştırmaktaki temel amaç da kişiler arası değişkenliğin azaltılmasıydı. Değişkenlik katsayısının  $P_{maks\%50}$ 'de,  $P_{40}$ 'ta olduğundan daha küçük bulunması bu amaca yaklaşıldığını göstermektedir. Ancak, çok fazla değişken söz konusu olduğu için değişkenlik yine de yüksektir. Bu faktörlerin kontrol altına alınması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

### **Cinsiyet ve VEMP**

VEMP sonuçlarının SKM kasının özelliklerinden etkilenmesi ve kadın erkek kas yapısındaki farklılıklar nedeniyle VEMP sonuçlarının kadın ve erkekler arasında farklılık göstermesi beklenebilir. Ancak yapılan çalışmaların ortak sonucu VEMP sonuçlarının ne latanslar ne de amplitüd açısından kadın erkek arasında farklılık göstermediği şeklindedir (6, 120, 133). Buna rağmen bir çalışmada klik uyarı ile yapılan VEMP ölçümlerinde P1 ve N1 latansları kadınlarda daha uzun bulunmuş ancak bu sonuç açıklanamamıştır (134). Bizim çalışmamızda da literatürle uyumlu şekilde cinsiyete göre VEMP bulgularında değişiklik saptanmamıştır.

### **Yaş ve VEMP**

VEMP sonuçlarını etkilediği bildirilen en önemli faktörlerden bir tanesi yaştır. Pek çok çalışmada 60 yaş ve üzerindeki kişilerde VEMP dalgasının küçüldüğü veya kaybolduğu; latansların da yaş ile uzadığı bildirilmiştir (6, 116, 120, 135-137). VEMP üzerinde yaş ile oluşan değişim vestibüler sistemden veya SKM adaleden kaynaklanıyor olabilir. Vestibüler son organlar üzerinde yapılan çalışmalar semisirküler kanal ve otolitik fonksiyonlarının 40 yaştan itibaren azalmaya başladığını göstermektedir (137, 138). Morfolojik olarak tüy hücre kaybı (139), vestibüler sinir liflerinde kayıp (140) ve Scarpa ganglionundaki hücre gövdelerinde kayıp (141) gösterilmiştir.

Yaş ile birlikte SKM adale liflerinde, akson ve motor nöronlarda azalma olduğu bildirilmiştir (142, 143). Akin ve arkadaşları(144) SKM adale üzerinde ölçülen tonik EMG değerlerinin yaşlılarda azaldığını bulmuşlardır ancak bu durum başka çalışmalarda desteklenmemiştir (120, 136). Literatürde genel kabul gören görüş VEMP amplitüdünde yaş ile ilgili azalmanın vestibüler reseptör organ ve santral yollar ile ilişkili olduğudur (6).

Her ne kadar vestibüler sistem değişiklikleri 40 yaştan itibaren başlamaktaysa da klinik olarak belirgin değişikliklerin VEMP'e yansması 60 yaş üzerinde meydana gelmektedir. Çalışmamızdaki gönüllülerin yaş gruplarına bakıldığında 60 yaş üzerinde az sayıda hasta bulunduğu dolayısıyla, yaşa bağlı farklılıkların belirgin olmayabileceği düşünülmüştür.

Çalışmamızda yaş grupları arasında p13 latanslarının ileri yaşlarda azaldığı bulunmuştur. Aynı sonuç literatürde de ortaya çıkmış (126, 144, 145) ve bunun EMG seviyesi ile korele olduğu belirtilmiştir (144). Ancak literatürde bu konuda çelişkili sonuçlar bildirilmektedir (135, 137).

Yaş grupları arasında P40 seviyesinde amplitüd farkı tespit edilmiştir. Yaş arttıkça amplitüdlere azalması beklenirken (144), bizim çalışmamızda ileri yaşlarda daha büyük amplitüdlere gözlenmiştir. Ancak, bu grupların maksimum kas güçlerine bakıldığında en fazla kas gücü üreten grupta en düşük VEMP amplitüdü elde edildiği görülmüştür. VEMP amplitüdünü kastaki tonik aktivite ile uyumludur (28). Tespit edilen amplitüd farkı, sabit basıncın, kapasitesi daha yüksek adalelerde daha düşük aktivite oluşturması sonucu amplitüdün düşük kaydedilmesi ile açıklanabilir.

#### **Üretilen Maksimum Basınç Değeri ve Test Basıncı**

Çalışmada üretilen maksimum basınç değerinin p13 ve n23 latansları üzerinde farklılık yarattığı görüldü. 100 mmHg ve üzerinde basınç üreten kişilerde elde edilen p13 latanslarının daha kısa olduğu görüldü. Bu durum, kas kuvveti fazla olan bir kişide sabit basıncın kasta daha düşük aktiviteye neden olarak uyarı karşısında daha az deşarj oluşturmasına ve bu nedenle latansın kısa olması şeklinde izah edilebilir. n23 latansları ise daha deşikendirler ve klinikte daha az itibar görürler.

#### **VEMP Cevap Oranı**

VEMP cevap oranları bir çok çalışmada %100'e varan oranlarda bildirilmekle birlikte bazı çalışmalarda daha düşük oranlar da bulunabilmektedir. Isaradisaikul ve arkadaşları (146) 50 gönüllünün 39'unda bilateral, 8'inde unilateral VEMP dalgası kaydederek kulak bazında %86'lık bir cevap oranı bildirmişlerdir. Bu çalışmada 100 kişinin 41'inde bilateral, 23'ünde unilateral VEMP dalgası kaydedilebilmiş olması kulak bazında %53'lük bir cevap oranı vermektedir. Düşük cevap oranında en önde gelebilecek faktörler arasında kas kasılmasındaki yetersizlik ve uyarı şiddetinin yetersiz olması akla gelmektedir. Bizim çalışmamızda en çok kullanılan ve ekipmanın maksimum seviyesi olan 90 dB'de STB 500 uyarı bazı gönüllülerde cevap alınamamasıyla ilgili olabilir. Nitekim, çalışmalarda en çok kullanılan STB 500 uyarının şiddeti 95dBnHL'den 98 dBnHL'ye arttırıldığında bile cevap oranının arttığı gösterilmiştir (146). Bununla birlikte,

Klik uyarı kullanıldığında cevap alınabilmesi için uyarı şiddetinin STB uyarıda olduğundan daha fazla 95-100 dBnHL seviyesinde olması gerekmektedir. Literatürde de 90 dBnHL klik uyarı kullanımı ile elde edilen cevap oranı %33 olarak en düşük seviyede bildirilmiştir (145). Ülkemizde yapılmış bir çalışmada 32 gönüllünün tamamında 105 dBnHL uyarı ile cevap alınırken, eşik düştükçe amplitüdlerin azaldığı ve 90 dB'de sadece 18 gönüllüde cevap alınabilmiştir (147). Yüzde 56'lık cevap oranı bu çalışmada elde edilen cevap oranı ile uyumludur ve cevap oranının düşüklüğünün uyarı şiddeti ile ilişkili olduğunu desteklemektedir. Bizim çalışmamızda klik uyarı ile cevap alınamaması yine uyarı şiddeti ile ilişkili olabilir. Ayrıca bazı çalışmalarda sessiz oda kullanılırken, bizimki gibi bazı çalışmalarda sessiz oda kullanılmaması uyarı şiddetinde değişiklik gerektirebilecek bir durumdur.

VEMP yanıt oranı aynı zaman da kas kasılması ile de ilişkilidir. Aynı uyarı seviyesinde Wang baş rotasyonu ile %70, elevasyon ile %100 oranında cevap elde etmiştir (118). VEMP ölçümü sırasında rektifiye kas aktivitesinin 50 ile 200  $\mu$ V olması istenmektedir (75, 148). Zemin aktivitesinin EMG ile takip edildiği başka bir çalışmada, ortalama rektifiye EMG değerlerinin en az 40  $\mu$ V olması gerektiği, en uygun seviyeninse 150-200  $\mu$ V olduğu belirlenmiştir (4). Çalışmanın birinci aşamasında elde edilen EMG değerlerine bakıldığında  $P_{maks\%50}$ 'de elde edilen MRV ortalaması  $96\pm 50.9$   $\mu$ V değeri ile,  $P_{40}$ 'ta elde edilen  $56\pm 17.9$   $\mu$ V'luk değerden daha yüksek bulunmuştur.  $P_{40}$ 'ta elde edilen değer alt sınıra yakın olduğu için VEMP kaydı alınamaması riski taşımakla birlikte ikinci aşamada  $P_{maks\%50}$ 'de ve  $P_{40}$ 'ta yapılan ölçümlerde VEMP elde edilme oranı arasında fark bulunmamıştır. Çalışmamızda kullanılan teknikle literatürle uyumlu seviyede adale aktivitesi sağlanmış olmakla birlikte kadınlarda özellikle üst yaş grubunda istenen basınç seviyeleri üretilenmemiş ve bu kişilerde VEMP cevabı anlamlı derecede az alınmıştır.

Çalışmada yanıt alınamayan gönüllülerin dışında 15 gönüllüde sadece sol, 8 gönüllüde de sadece sağ taraf VEMP cevabı alınmıştır. P1 ve N1 latansları sağ ve sol kulak ölçümlerinde genellikle benzer olarak bildirilmekle birlikte, bazı çalışmalar aynı kişinin sağ sol kulaklarındaki VEMP kayıtlarının latans değerlerinde fark tespit etmişlerdir (134). Memelilerdeki sakkulokollik refleksin yarıcılarda sesin yönünü tayin etmede kullanılan bir refleks cevabı olduğu kabul edilir ve bu reflekste taraf dominansına bağlı latans farkı olabileceği speküle edilmiştir. Eğer böyle bir etki söz konusu ise tek taraflı alınan cevaplar bu etki ile ilişkili olabilir.

### **Uyarı Tipi**

VEMP ölçümlerinde en çok klik ve STB 500 uyarılar kullanılmıştır. Bu uyarıların hangisinin daha iyi olduğu çeşitli çalışmalarda incelenmiştir. Klik uyarıların daha kısa latans ve daha yüksek amplitüd oluşturduğu için daha iyi bir uyarı olduğu iddia edilmişse de (27), 500 Hz TB uyarının daha düşük şiddette daha yüksek amplitüdü ve daha güvenilir cevaplar oluşturması nedeniyle en iyi uyarı olduğu görüşü daha ağırlık kazanmıştır (27, 31, 35, 134, 145). Klik uyarı ile TB uyarı arasındaki amplitüd farklılığının TB uyarı ile kulağa aktarılan mutlak akustik enerjinin daha fazla olması ve klik uyarının enerjisinin daha geniş bir banda yayılması sonucu, uyarının spektrumsal seviyesinin daha düşük olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (134, 149). STB uyarı ile klik uyarı arasındaki latans farkının ise primer vestibüler nöronların uyarılara eksitasyon paternlerinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmüştür. Bir STB uyarıya cevaben vestibüler nöronlarda ikili üçlü deşarjların meydana gelerek daha uzun latanslara neden olduğu belirtilmiştir (150). Bizim çalışmamızda STB 500 ve klik uyarılarla test yapılması planlanmış olmasına rağmen klik uyarıda cevap oranının düşüklüğü nedeniyle klik uyarılı VEMP ölçümleri çalışmadan çıkarılmıştır. STB uyarı ile daha yüksek cevap oranı elde edilmesi literatürle uyumludur. Klik uyarı ile cevap alınmamış olmasının uyarı şiddetiyle ilişkili olabileceği düşünülmüştür.

### **Uyarı Eşiği**

VEMP ölçümlerinde uyarı eşiği bir test parametresi olarak ortaya konulmuştur. Shin ve arkadaşları (151) 40 sağlıklı erişkin üzerinde VEMP testinde uyarı eşiklerini araştırdıkları çalışmada, STB 500 uyarı için eşik değerini ortalama  $76 \pm 5$  dB ( $65$  dB –  $90$  dB) olarak bulmuşlardır. İki kulak arasında eşik farkının gönüllülerin çoğunluğunda 5 ve altında bulunmuş, %3 oranında 10 dB fark bulunurken, hiç bir kişide 15 dB fark bulunmamıştır. Ayrıca uyarı eşiğinin üzerine çıkıldıkça amplitüdüde de artış olduğu belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda eşik  $83 \pm 6$  dB olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda bilateral cevap alınan 41 gönüllünün 4'ünde iki kulak arasında 15 dB fark bulunmuş olup hiç bir gönüllüde 20 dB fark bulunmamış olması literatürde belirtilen sınırın biraz daha genişletilmesinde fayda olacağını düşündürmüştür.

### **VEMP Değişkenleri ve Normatif veriler**

Her laboratuvarın kendi normatif değerlerini kullanması önerilmektedir. Bu normatif değerlerin belirlenmesinde her iki cins için ayrı ayrı ve her on yaşlık dönem için en az 10 kişinin kayıtlarının alınması istenmektedir. Bu sonuçların normal dağılımı halinde test sonuçları için normal sınırlar ortalamanın 2,0 veya 2,5 standart sapma alt ve

üstü olarak kabul edilir (152). Çalışmamızın amaçlarından birisi olan normatif değerlerin saptanmasıydı. Ancak cevap oranının yüksekliği nedeniyle normatif değerlere temkinli yaklaşmak gerekir. Değişik çalışmalarda elde edilen VEMP sonuçları ile bu çalışmanın sonuçları Tablo-15'de verilmiştir. Sonuçlar uyumlu olmakla birlikte hiç bir çalışmanın sonucunun diğeri ile eş bulunmadığı dikkati çekmektedir.

### **Sonuç**

VEMP testi muayene metotları sınırlı olan vestibüler sistemin değerlendirilmesi için faydalı bir metot olarak klinik kullanıma girmektedir. Ancak vestibüler sistemin değerlendirilmesinde tek başına değil diğer testler ile kombine olarak yorumlanmalıdır. Kalorik test sonuçları ile VEMP testinin birlikte değerlendirilmesinin tanı hassasiyetinin arttırdığı bildirilmiştir (116). Nispeten yeni bir test olan VEMP'in standardizasyonu için çalışmalar devam etmektedir.

Geliştirilmiş olan VEMP sandalyesi oturur vaziyetteki kişide tansiyon aleti manşonu kullanarak istenen pozisyonda sadece SKM kas kullanılarak test yapılmasını sağlamaktadır.

Eşzamanlı EMG yapılamadığı durumlarda tansiyon aleti manşonu kullanımı ile yeterli EMG aktivitesi sağlanabilmektedir. Ancak, kadınlarda yaş ilerledikçe yeterli kas kuvveti sağlanamayabilmektedir.

Bizim çalışmamızda sabit basınçtaki ve maksimum basıncın %50'si seviyesindeki VEMP ölçümlerini karşılaştırmaktaki temel amaç da kişiler arası değişkenliğin azaltılmasıydı. Değişkenlik katsayısının  $P_{maks\%50}$ 'de,  $P_{40}$ 'ta olduğundan daha küçük bulunması bu amaca yaklaşıldığını göstermektedir. Ancak, kişiler arasındaki amplitüd farkının azaltılmasında yeterli başarı sağlanamamıştır. Çok fazla değişken söz konusu olduğu için değişkenlik yine de yüksektir. Bu faktörlerin kontrol altına alınması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.



**Tablo-15. Literatürde yapılmış çalışmaların örnek sonuçları ve mevcut çalışmanın karşılaştırması**

Yazar	Pozisyon	Uyarı	Uyarı Şiddeti	Uyarı sayısı	EMG Seviyesi	No (E:K)	Yaş aralığı	Cevap Oranı (%)	Eşik	P Latansı (msn)	N Latansı (msn)	Amplitüd (µV)	Asimetri oranı
Welgampola 2001 (17)	Yarı-yatar, baş kaldırma	R-klik	100 dBnHL	256	UD	70 (34 : 36)	25-85	%95	89.6 (±6.9) dBnHL	12.0 (±1.0)	20.3 (±1.7)	72.5 (±46.8)	21.6%
Ochi 2001 (124)	Baş çevirme	R-klik	95 dB	50	UD	18 (9 : 9)	21-38	%100	95 dB	10.75 (±1.34)	19.92 (±2.43)	203.96 (±118.68)	12.6±8.1
Brantberg 2001 (153)	Yatar, baş kaldırma	R-klik	100 dBnHL	128	UD	23 (12 : 11)	22-42	UD	UD	11.40 (10.62-11.59)	18.18 (17.34-19.20)	66.6 (38.3-108.2)	UD
Wang 2003 (36)	Yatar, baş kaldırma	STB 500 Hz	95 dBnHL	200	50-200 µV	14 (11 : 3)	24-32	%100	UD	14.49 (±1.28)	21.83 (±1.65)	UD	0.03
Cheng 2003 (27)	Yatar, baş kaldırma	R-klik	95 dBnHL	128	50-200 µV	29 (24 : 5)	17-43	%98	UD	11.45 (±0.87)	19.17 (±1.55)	119.55 (±44.03)	UD
Wang 2004 (47)	Yatar, baş kaldırma	STB 500 Hz	105 dBHL	200	50-200 µV	13 (10 : 3)	22-35	%100	88 (±10) dB	12.49 (±0.94)	19.79 (±1.40)	102.84 (±44.56)	UD
Su 2004 (136)	Yatar, baş kaldırma	R-klik	95 dBnHL	128	50-200 µV	80 (46 : 34)	41-60	%90	UD	14.08 (±1.27)	20.66 (±1.52)	142.6 (81.5-239.0)	UD
Basta 2005 (154)	Baş çevirme	STB 500 Hz	115 dB SPL	UD	50-200 µV	64 (26 : 38)	20-76	%100	UD	11.59 (±0.79)	18.98 (±1.07)	UD	0.13 (±0.12)
Wang 2006 (47)	Yatar, baş kaldırma ve çevirme	STB 500 Hz	95 dBHL	200	50-200 µV	20 (14 : 6)	23-30	%100	78 (±7) dB	11.47 (±0.86)	19.05 (±1.31)	UD	0.19 (±0.15)
Kelsch 2006 (155)	Yatar, baş kaldırma	Alt-klik	90 dBnHL	150	UD	30 (16 : 14)	3-11	%93	UD	16.1 (±2.1)	23.8 (±2.2)	67.1 (±40.2)	UD
Wu 2007 (32)	Yatar, baş kaldırma	R-klik	95 dBnHL	200	50 µV	22 (11 : 11)	17-30	%100	UD	13.1 (±0.7)	20.3 (±1.3)	130.5 (70.8-262.0)	UD
Isaradisaiskul 2008 (41)	Yarı-yatar, baş kaldırma ve çevirme	STB 500 Hz	110 dBHL (115,5 dB SPL)	100	40-150 µV	20 (6 : 14)	24-49	%87	110.1 (±5.2) dB SPL	14.83 (±0.81)	22.54 (±1.30)	198.53 (±64.64)	0.13 (±0.12)
Maes 2009 (40)	Oturur, baş çevirme	STB 500 Hz	95 dBnHL (130 dB SPL)	256	40 mmHg	61 (28 : 23)	19-39	%100	112 (±6) dB SPL	14.44 (±1.92)	21.16 (±2.11)	160.71 (±101.11)	18.8 (±16.5)
Janky 2009 (146)	Oturur, baş çevirme	R-klik	119 dB SPL (90 dBnHL)	200	45 mmHg	46	20-76	%33	122.2 (±4.1) dB SPL	14.97 (±1.42)	23.41 (±1.66)	147.34 (±68.66)	0.12 ± 0.10
Kerdsiri 2010 (156)	Yarı-yatar, baş kaldırma ve çevirme	STB 500 Hz	105 dBnHL (125 dB SPL)	80-150	50-300 µV	40 (18 : 22)	21-57	%100	113 (±6) dB SPL	13.62 (±2.88)	20.00 (±2.66)	27.17 (±9.13)	UD
Isaradisaiskul 2012 (147)	Oturur, baş çevirme	STB 500 Hz	98 dBnHL (120 dB SPL)	200	30-75 µV	50 (12 : 38)	22-57	%86	115.1 (±4.6) dB SPL	16.24 (±2.42)	22.97 (±2.62)	27.65 (±11.13)	UD
Öznen 2014 (bu çalışma)	Oturur, baş çevirme	STB 500 Hz	90 dBnHL	150	40 mmHg	100 (48 : 52)	20-68	%53	83.1 (6.5) dBnHL	15.99 (±2.04)	23.08 (±1.50)	28.36 (±11.65)	14.22 (±9.42)
					50 mmHg					16.70 (±1.87)	24.55 (±1.64)	71.97 (±51.96)	0.24 (±0.16)
										16.45 (±1.81)	24.33 (±1.61)	108.49 (69.53)	0.28 (±0.14)

**R-klik: Rarefaksiyon klik, STB: short tone burst; Alt-klik: alterman klik, UD: uygun değil.**

## KAYNAKLAR

1. COLEBATCH JG, HALMAGYI GM. Vestibular evoked potentials in human neck muscles before and after unilateral vestibular deafferentation. *Neurology*, 42(8): 1635-6, 1992.
2. UCHINO Y, SATO H, SASAKI M, IMAGAWA M, IKEGAMI H, ISU N, GRAF W. Sacculocollic reflex arcs in cats. *J Neurophysiol*, 77(6): 3003-12, 1997.
3. ROSENGREN SM, WELGAMPOLA MS, COLEBATCH JG. Vestibular evoked myogenic potentials: past, present and future. *Clin Neurophysiol*, 121(5): 636-51, 2010.
4. COLEBATCH JG, HALMAGYI GM, SKUSE NF. Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 57(2): 190-7, 1994.
5. BASTA D, TODT I, EISENSCHENK A, ERNST A. Vestibular evoked myogenic potentials induced by intraoperative electrical stimulation of the human inferior vestibular nerve. *Hear Res*, 204(1-2): 111-4, 2005.
6. OCHI K, OHASHI T. Age-related changes in the vestibular-evoked myogenic potentials. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 129(6): 655-9, 2003.
7. VANSPAUWEN R, WUYTS FL, VAN DE HEYNING PH. Improving vestibular evoked myogenic potential reliability by using a blood pressure manometer. *Laryngoscope*, 116(1): 131-5, 2006.
8. VON BÉKÉSY G. Über akustische Reizung des Vestibularapparates. *Pflügers Arch Gesamte Physiol Menschen Tiere*, 236: 59-76, 1935.
9. DAWSON GD. A summation technique for the detection of small evoked potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 6(1): 65-84, 1954.
10. GEISLER CD, FRISHKOPF LS, ROSENBLITH WA. Extracranial responses to acoustic clicks in man. *Science*, 128(3333): 1210-1, 1958.
11. BICKFORD RG, JACOBSON JL, GALBRAITH RF. A new audio motor system in man. *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 15: 922, 1963.
12. BICKFORD RG, JACOBSON JL, CODY DT. Nature of Average Evoked Potentials to Sound and Other Stimuli in Man. *Ann N Y Acad Sci*, 112: 204-23, 1964.
13. BICKFORD RG. Physiological and clinical studies of microreflexes. *Electroenceph Clin Neurophysiol Suppl*, 31: 93-108, 1972.
14. DERIU F, TOLU E, ROTHWELL JC. A short latency vestibulomasseteric reflex evoked by electrical stimulation over the mastoid in healthy humans. *J Physiol*, 553(Pt 1): 267-79, 2003.
15. FERBER-VIART C, SOULIER N, DUBREUIL C, DUCLAUX R. Cochleovestibular afferent pathways of trapezius muscle responses to clicks in human. *Acta Otolaryngol*, 118(1): 6-10, 1998.
16. WATSON SR, COLEBATCH JG. Vestibular-evoked electromyographic responses in soleus: a comparison between click and galvanic stimulation. *Exp Brain Res*, 119(4): 504-10, 1998.
17. WELGAMPOLA MS, ROSENGREN SM, HALMAGYI GM, COLEBATCH JG. Vestibular activation by bone conducted sound. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 74(6): 771-8, 2003.
18. BRANTBERG K, TRIBUKAIT A, FRANSSON PA. Vestibular evoked myogenic potentials in response to skull taps for patients with vestibular neuritis. *J Vestib Res*, 13(2-3): 121-30, 2003.

19. WATSON SR, COLEBATCH JG. Vestibulocollic reflexes evoked by short-duration galvanic stimulation in man. *J Physiol*, 513 ( Pt 2): 587-97, 1998.
20. MUROFUSHI T, TAKEGOSHI H, OHKI M, OZEKI H. Galvanic-evoked myogenic responses in patients with an absence of click-evoked vestibulo-collic reflexes. *Clin Neurophysiol*, 113(2): 305-9, 2002.
21. YOUNG ED, FERNANDEZ C, GOLDBERG JM. Responses of squirrel monkey vestibular neurons to audio-frequency sound and head vibration. *Acta Otolaryngol*, 84(5-6): 352-60, 1977.
22. MCCUE MP, GUINAN JJ, JR. Acoustically responsive fibers in the vestibular nerve of the cat. *J Neurosci*, 14(10): 6058-70, 1994.
23. MUROFUSHI T, CURTHOYS IS. Physiological and anatomical study of click-sensitive primary vestibular afferents in the guinea pig. *Acta Otolaryngol*, 117(1): 66-72, 1997.
24. BRANTBERG K, MATHIESEN T. Preservation of tap vestibular evoked myogenic potentials despite resection of the inferior vestibular nerve. *J Vestib Res*, 14(4): 347-51, 2004.
25. MUROFUSHI T, HALMAGYI GM, YAVOR RA, COLEBATCH JG. Absent vestibular evoked myogenic potentials in vestibular neurolabyrinthitis. An indicator of inferior vestibular nerve involvement? *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 122(8): 845-8, 1996.
26. TSUTSUMI T, TSUNODA A, NOGUCHI Y, KOMATSUZAKI A. Prediction of the nerves of origin of vestibular schwannomas with vestibular evoked myogenic potentials. *Am J Otol*, 21(5): 712-5, 2000.
27. CHENG PW, HUANG TW, YOUNG YH. The influence of clicks versus short tone bursts on the vestibular evoked myogenic potentials. *Ear Hear*, 24(3): 195-7, 2003.
28. LIM CL, CLOUSTON P, SHEEAN G, YIANNIKAS C. The influence of voluntary EMG activity and click intensity on the vestibular click evoked myogenic potential. *Muscle Nerve*, 18(10): 1210-3, 1995.
29. MCCUE MP, GUINAN JJ, JR. Sound-evoked activity in primary afferent neurons of a mammalian vestibular system. *Am J Otol*, 18(3): 355-60, 1997.
30. CHENG PW, MUROFUSHI T. The effects of plateau time on vestibular-evoked myogenic potentials triggered by tone bursts. *Acta Otolaryngol*, 121(8): 935-8, 2001.
31. ROSENGREN SM, GOVENDER S, COLEBATCH JG. The relative effectiveness of different stimulus waveforms in evoking VEMPs: significance of stimulus energy and frequency. *J Vestib Res*, 19(1-2): 33-40, 2009.
32. WU HJ, SHIAO AS, YANG YL, LEE GS. Comparison of short tone burst-evoked and click-evoked vestibular myogenic potentials in healthy individuals. *J Chin Med Assoc*, 70(4): 159-63, 2007.
33. WELGAMPOLA MS, COLEBATCH JG. Characteristics of tone burst-evoked myogenic potentials in the sternocleidomastoid muscles. *Otol Neurotol*, 22(6): 796-802, 2001.
34. AKIN FW, MURNANE OD. Vestibular evoked myogenic potentials (VEMP). *Insights in Practice: Clinical Topics in Otoneurology*, (9): 1-7, 2004.
35. RAUCH SD, ZHOU G, KUJAWA SG, GUINAN JJ, HERRMANN BS. Vestibular evoked myogenic potentials show altered tuning in patients with Meniere's disease. *Otol Neurotol*, 25(3): 333-8, 2004.
36. WANG SJ, YOUNG YH. Vestibular evoked myogenic potentials using simultaneous binaural acoustic stimulation. *Hear Res*, 185(1-2): 43-8, 2003.
37. ELEFThERIADOU A, DEFTEREOS SN, ZARIKAS V, PANAGOPOULOS G, KORRES S, SFETSOS S, KARAGEORGIU KL, FEREKIDOU E, KANDILOROS D. Vestibular evoked

- myogenic potential eliciting in normal subjects: comparison of four different methods. *J Otolaryngol Head Neck Surg*, 37(5): 704-11, 2008.
38. AKIN FW, MURNANE OD, PANUS PC, CARUTHERS SK, WILKINSON AE, PROFFITT TM. The influence of voluntary tonic EMG level on the vestibular-evoked myogenic potential. *J Rehabil Res Dev*, 41(3B): 473-80, 2004.
  39. BATH AP, HARRIS N, YARDLEY MP. The vestibulo-collic reflex. *Clin Otolaryngol Allied Sci*, 23(5): 462-6, 1998.
  40. MAES L, VINCK BM, DE VEL E, D'HAENENS W, BOCKSTAEL A, KEPPLER H, PHILIPS B, SWINNEN F, DHOOGHE I. The vestibular evoked myogenic potential: a test-retest reliability study. *Clin Neurophysiol*, 120(3): 594-600, 2009.
  41. ISARADISAIKUL S, STRONG DA, MOUSHEY JM, GABBARD SA, ACKLEY SR, JENKINS HA. Reliability of vestibular evoked myogenic potentials in healthy subjects. *Otol Neurotol*, 29(4): 542-4, 2008.
  42. SHEYKHOLESAMI K, MUROFUSHI T, KAGA K. The effect of sternocleidomastoid electrode location on vestibular evoked myogenic potential. *Auris Nasus Larynx*, 28(1): 41-3, 2001.
  43. AKIN FW, MURNANE OD. Vestibular evoked myogenic potentials: preliminary report. *Journal of the American Academy of Audiology*, 12(9): 445-52; quiz 91, 2001.
  44. MUROFUSHI T, OCHIAI A, OZEKI H, IWASAKI S. Laterality of vestibular evoked myogenic potentials. *International journal of audiology*, 43(2): 66-8, 2004.
  45. FERBER-VIART C, DUCLAUX R, COLLEAUX B, DUBREUIL C. Myogenic vestibular-evoked potentials in normal subjects: a comparison between responses obtained from sternomastoid and trapezius muscles. *Acta Otolaryngol*, 117(4): 472-81, 1997.
  46. WU CC, YOUNG YH. Vestibular evoked myogenic potentials are intact after sudden deafness. *Ear Hear*, 23(3): 235-8, 2002.
  47. WANG CT, YOUNG YH. Earlier and later components of tone burst evoked myogenic potentials. *Hear Res*, 191(1-2): 59-66, 2004.
  48. WIT HP, KINGMA CM. A simple model for the generation of the vestibular evoked myogenic potential (VEMP). *Clin Neurophysiol*, 117(6): 1354-8, 2006.
  49. MUROFUSHI T, SHIMIZU K, TAKEGOSHI H, CHENG PW. Diagnostic value of prolonged latencies in the vestibular evoked myogenic potential. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 127(9): 1069-72, 2001.
  50. CHEN CN, WANG SJ, WANG CT, HSIEH WS, YOUNG YH. Vestibular evoked myogenic potentials in newborns. *Audiol Neurootol*, 12(1): 59-63, 2007.
  51. SHEYKHOLESAMI K, MEGERIAN CA, ARNOLD JE, KAGA K. Vestibular-evoked myogenic potentials in infancy and early childhood. *Laryngoscope*, 115(8): 1440-4, 2005.
  52. WANG SJ, CHEN CN, HSIEH WS, YOUNG YH. Development of vestibular evoked myogenic potentials in preterm neonates. *Audiol Neurootol*, 13(3): 145-52, 2008.
  53. YOUNG YH, CHEN CN, HSIEH WS, WANG SJ. Development of vestibular evoked myogenic potentials in early life. *Eur J Paediatr Neurol*, 13(3): 235-9, 2009.
  54. CHANG CH, YANG TL, WANG CT, YOUNG YH. Measuring neck structures in relation to vestibular evoked myogenic potentials. *Clin Neurophysiol*, 118(5): 1105-9, 2007.
  55. HSU YS, WANG SJ, YOUNG YH. Ocular vestibular-evoked myogenic potentials in children using air conducted sound stimulation. *Clin Neurophysiol*, 120(7): 1381-5, 2009.

56. ZHU H, TANG X, WEI W, MAKLAD A, MUSTAIN W, RABBITT R, HIGHSTEIN S, ALLISON J, ZHOU W. Input-output functions of vestibular afferent responses to air-conducted clicks in rats. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology : JARO*, 15(1): 73-86, 2014.
57. KIM JH, PARK JM, YONG SY, KIM JH, KIM H, PARK SY. Difference of diagnostic rates and analytical methods in the test positions of vestibular evoked myogenic potentials. *Annals of rehabilitation medicine*, 38(2): 226-33, 2014.
58. KIM HA, HONG JH, LEE H, YI HA, LEE SR, LEE SY, JANG BC, AHN BH, BALOH RW. Otolith dysfunction in vestibular neuritis: recovery pattern and a predictor of symptom recovery. *Neurology*, 70(6): 449-53, 2008.
59. MUROFUSHI T, MONOBE H, OCHIAI A, OZEKI H. The site of lesion in "vestibular neuritis": study by galvanic VEMP. *Neurology*, 61(3): 417-8, 2003.
60. AKKUZU G, AKKUZU B, OZLUOGLU LN. Vestibular evoked myogenic potentials in benign paroxysmal positional vertigo and Meniere's disease. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 263(6): 510-7, 2006.
61. HEIDE G, FREITAG S, WOLLENBERG I, IRO H, SCHIMRIGK K, DILLMANN U. Click evoked myogenic potentials in the differential diagnosis of acute vertigo. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 66(6): 787-90, 1999.
62. HONG SM, PARK DC, YEO SG, CHA CI. Vestibular evoked myogenic potentials in patients with benign paroxysmal positional vertigo involving each semicircular canal. *Am J Otolaryngol*, 29(3): 184-7, 2008.
63. HONG SM, YEO SG, KIM SW, CHA CI. The results of vestibular evoked myogenic potentials, with consideration of age-related changes, in vestibular neuritis, benign paroxysmal positional vertigo, and Meniere's disease. *Acta Otolaryngol*, 128(8): 861-5, 2008.
64. YANG WS, KIM SH, LEE JD, LEE WS. Clinical significance of vestibular evoked myogenic potentials in benign paroxysmal positional vertigo. *Otol Neurotol*, 29(8): 1162-6, 2008.
65. DE WAELE C, HUY PT, DIARD JP, FREYSS G, VIDAL PP. Saccular dysfunction in Meniere's disease. *Am J Otol*, 20(2): 223-32, 1999.
66. YOUNG YH, HUANG TW, CHENG PW. Assessing the stage of Meniere's disease using vestibular evoked myogenic potentials. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 129(8): 815-8, 2003.
67. YOUNG YH, WU CC, WU CH. Augmentation of vestibular evoked myogenic potentials: an indication for distended saccular hydrops. *Laryngoscope*, 112(3): 509-12, 2002.
68. BAN JH, LEE JK, JIN SM, LEE KC. Glycerol pure tone audiometry and glycerol vestibular evoked myogenic potential: representing specific status of endolymphatic hydrops in the inner ear. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 264(11): 1275-81, 2007.
69. MUROFUSHI T, MATSUZAKI M, TAKEGOSHI H. Glycerol affects vestibular evoked myogenic potentials in Meniere's disease. *Auris Nasus Larynx*, 28(3): 205-8, 2001.
70. SEO T, NODE M, YUKIMASA A, SAKAGAMI M. Furosemide loading vestibular evoked myogenic potential for unilateral Meniere's disease. *Otol Neurotol*, 24(2): 283-8, 2003.
71. KUO SW, YANG TH, YOUNG YH. Changes in vestibular evoked myogenic potentials after Meniere attacks. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 114(9): 717-21, 2005.

72. KIM-LEE Y, AHN JH, KIM YK, YOON TH. Tone burst vestibular evoked myogenic potentials: diagnostic criteria in patients with Meniere's disease. *Acta Otolaryngol*, 129(9): 924-8, 2009.
73. MUDDUWA R, KARA N, WHELAN D, BANERJEE A. Vestibular evoked myogenic potentials: review. *J Laryngol Otol*, 124(10): 1043-50, 2010.
74. YOUNG YH, CHIANG CW, WANG CP. Three-dimensional analysis of post-caloric nystagmus caused by postural change. *Acta Otolaryngol Suppl*, 545: 69-72, 2001.
75. MUROFUSHI T, MATSUZAKI M, MIZUNO M. Vestibular evoked myogenic potentials in patients with acoustic neuromas. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 124(5): 509-12, 1998.
76. PATKO T, VIDAL PP, VIBERT N, TRAN BA HUY P, DE WAELE C. Vestibular evoked myogenic potentials in patients suffering from an unilateral acoustic neuroma: a study of 170 patients. *Clin Neurophysiol*, 114(7): 1344-50, 2003.
77. USHIO M, MATSUZAKI M, TAKEGOSHI H, MUROFUSHI T. Click- and short tone burst-evoked myogenic potentials in cerebellopontine angle tumors. *Acta Otolaryngol Suppl*, 545: 133-5, 2001.
78. DAY AS, WANG CT, CHEN CN, YOUNG YH. Correlating the cochleovestibular deficits with tumor size of acoustic neuroma. *Acta Otolaryngol*, 128(7): 756-60, 2008.
79. HU YF, CHENG PW, YOUNG YH. Comparison of vestibular function between large cerebellopontine angle meningioma and schwannoma. *Acta Otolaryngol*, 129(2): 161-5, 2009.
80. SUZUKI M, YAMADA C, INOUE R, KASHIO A, SAITO Y, NAKANISHI W. Analysis of vestibular testing in patients with vestibular schwannoma based on the nerve of origin, the localization, and the size of the tumor. *Otol Neurotol*, 29(7): 1029-33, 2008.
81. MAGNUSSON M, KAHLON B, KARLBERG M, LINDBERG S, SIESJO P. Preoperative vestibular ablation with gentamicin and vestibular 'prehab' enhance postoperative recovery after surgery for pontine angle tumours--first report. *Acta Otolaryngol*, 127(12): 1236-40, 2007.
82. HALMAGYI GM, COLEBATCH JG, CURTHOYS IS. New tests of vestibular function. *Baillieres Clin Neurol*, 3(3): 485-500, 1994.
83. STAPLETON E, MILLS R, THAM JC. Sacculo-collic response in otosclerosis and following successful stapes surgery. *J Laryngol Otol*, 122(4): 347-50, 2008.
84. YANG TL, YOUNG YH. Vestibular-evoked myogenic potentials in patients with otosclerosis using air- and bone-conducted tone-burst stimulation. *Otol Neurotol*, 28(1): 1-6, 2007.
85. HALMAGYI GM, AW ST, MCGARVIE LA, TODD MJ, BRADSHAW A, YAVOR RA, FAGAN PA. Superior semicircular canal dehiscence simulating otosclerosis. *J Laryngol Otol*, 117(7): 553-7, 2003.
86. MINOR LB, CAREY JP, CREMER PD, LUSTIG LR, STREUBEL SO, RUCKENSTEIN MJ. Dehiscence of bone overlying the superior canal as a cause of apparent conductive hearing loss. *Otol Neurotol*, 24(2): 270-8, 2003.
87. SINGBARTL F, BASTA D, SEIDL RO, ERNST A, TODT I. Perioperative recordings of vestibular-evoked myogenic potentials in otosclerosis. *Otol Neurotol*, 27(8): 1070-3, 2006.
88. COLEBATCH JG, ROTHWELL JC, BRONSTEIN A, LUDMAN H. Click-evoked vestibular activation in the Tullio phenomenon. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 57(12): 1538-40, 1994.
89. MINOR LB. Clinical manifestations of superior semicircular canal dehiscence. *Laryngoscope*, 115(10): 1717-27, 2005.

90. BRANTBERG K, BERGENIUS J, TRIBUKAIT A. Vestibular-evoked myogenic potentials in patients with dehiscence of the superior semicircular canal. *Acta Otolaryngol*, 119(6): 633-40, 1999.
91. WATSON SR, HALMAGYI GM, COLEBATCH JG. Vestibular hypersensitivity to sound (Tullio phenomenon): structural and functional assessment. *Neurology*, 54(3): 722-8, 2000.
92. WELGAMPOLA MS, MYRIE OA, MINOR LB, CAREY JP. Vestibular-evoked myogenic potential thresholds normalize on plugging superior canal dehiscence. *Neurology*, 70(6): 464-72, 2008.
93. STREUBEL SO, CREMER PD, CAREY JP, WEG N, MINOR LB. Vestibular-evoked myogenic potentials in the diagnosis of superior canal dehiscence syndrome. *Acta Otolaryngol Suppl*, 545: 41-9, 2001.
94. BRANTBERG K, BERGENIUS J, MENDEL L, WITT H, TRIBUKAIT A, YGGE J. Symptoms, findings and treatment in patients with dehiscence of the superior semicircular canal. *Acta Otolaryngol*, 121(1): 68-75, 2001.
95. SHUPAK A, BAR-EL E, PODOSHIN L, SPITZER O, GORDON CR, BEN-DAVID J. Vestibular findings associated with chronic noise induced hearing impairment. *Acta Otolaryngol*, 114(6): 579-85, 1994.
96. MCGILL TJ, SCHUKNECHT HF. Human cochlear changes in noise induced hearing loss. *Laryngoscope*, 86(9): 1293-302, 1976.
97. WANG YP, YOUNG YH. Vestibular-evoked myogenic potentials in chronic noise-induced hearing loss. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 137(4): 607-11, 2007.
98. DE WAELE C, MEGUENNI R, FREYSS G, ZAMITH F, BELLALIMAT N, VIDAL PP, TRAN BA HUY P. Intratympanic gentamicin injections for Meniere disease: vestibular hair cell impairment and regeneration. *Neurology*, 59(9): 1442-4, 2002.
99. HELLING K, SCHONFELD U, CLARKE AH. Treatment of Meniere's disease by low-dosage intratympanic gentamicin application: effect on otolith function. *Laryngoscope*, 117(12): 2244-50, 2007.
100. OZLUOGLU LN, AKKUZU G, OZGIRGIN N, TARHAN E. Reliability of the vestibular evoked myogenic potential test in assessing intratympanic gentamicin therapy in Meniere's disease. *Acta Otolaryngol*, 128(4): 422-6, 2008.
101. PICCIOTTI PM, FIORITA A, DI NARDO W, QUARANTA N, PALUDETTI G, MAURIZI M. VEMPs and dynamic posturography after intratympanic gentamycin in Meniere's disease. *J Vestib Res*, 15(3): 161-8, 2005.
102. BRANTBERG K, LOFQVIST L. Preserved vestibular evoked myogenic potentials (VEMP) in some patients with walking-induced oscillopsia due to bilateral vestibulopathy. *J Vestib Res*, 17(1): 33-8, 2007.
103. SOLARINO B, COPPOLA F, DI VELLA G, CORSALINI M, QUARANTA N. Vestibular evoked myogenic potentials (VEMPs) in whiplash injury: a prospective study. *Acta Otolaryngol*, 129(9): 976-81, 2009.
104. ROSENGREN SM, NOGAJSKI JH, CREMER PD, COLEBATCH JG. Delayed vestibular evoked responses to the eyes and neck in a patient with an isolated brainstem lesion. *Clin Neurophysiol*, 118(9): 2112-6, 2007.
105. BANDINI F, BERONIO A, GHIGLIONE E, SOLARO C, PARODI RC, MAZZELLA L. The diagnostic value of vestibular evoked myogenic potentials in multiple sclerosis. *J Neurol*, 251(5): 617-21, 2004.
106. PATKO T, SIMO M, ARANYI Z. Vestibular click-evoked myogenic potentials: sensitivity and factors determining abnormality in patients with multiple sclerosis. *Mult Scler*, 13(2): 193-8, 2007.

107. SARTUCCI F, LOGI F. Vestibular-evoked myogenic potentials: a method to assess vestibulo-spinal conduction in multiple sclerosis patients. *Brain Res Bull*, 59(1): 59-63, 2002.
108. VERSINO M, COLNAGHI S, CALLIECO R, BERGAMASCHI R, ROMANI A, COSI V. Vestibular evoked myogenic potentials in multiple sclerosis patients. *Clin Neurophysiol*, 113(9): 1464-9, 2002.
109. SHIMIZU K, MUROFUSHI T, SAKURAI M, HALMAGYI M. Vestibular evoked myogenic potentials in multiple sclerosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 69(2): 276-7, 2000.
110. ITOH A, KIM YS, YOSHIOKA K, KANAYA M, ENOMOTO H, HIRAIWA F, MIZUNO M. Clinical study of vestibular-evoked myogenic potentials and auditory brainstem responses in patients with brainstem lesions. *Acta Otolaryngol Suppl*, 545: 116-9, 2001.
111. TAKEGOSHI H, MUROFUSHI T. Vestibular evoked myogenic potentials in patients with spinocerebellar degeneration. *Acta Otolaryngol*, 120(7): 821-4, 2000.
112. CHEN CH, YOUNG YH. Vestibular evoked myogenic potentials in brainstem stroke. *Laryngoscope*, 113(6): 990-3, 2003.
113. LIAO LJ, YOUNG YH. Vestibular evoked myogenic potentials in basilar artery migraine. *Laryngoscope*, 114(7): 1305-9, 2004.
114. ALLENA M, MAGIS D, DE PASQUA V, SCHOENEN J, BILDORFF AR. The vestibulo-collic reflex is abnormal in migraine. *Cephalalgia*, 27(10): 1150-5, 2007.
115. BAIER B, STIEBER N, DIETERICH M. Vestibular-evoked myogenic potentials in vestibular migraine. *J Neurol*, 256(9): 1447-54, 2009.
116. ZAPALA DA, BREY RH. Clinical experience with the vestibular evoked myogenic potential. *Journal of the American Academy of Audiology*, 15(3): 198-215, 2004.
117. ISAACSON B, MURPHY E, COHEN H. Does the method of sternocleidomastoid muscle activation affect the vestibular evoked myogenic potential response? *J Vestib Res*, 16(4-5): 187-91, 2006.
118. WANG CT, YOUNG YH. Comparison of the head elevation versus rotation methods in eliciting vestibular evoked myogenic potentials. *Ear Hear*, 27(4): 376-81, 2006.
119. LI MW, HOULDEN D, TOMLINSON RD. Click evoked EMG responses in sternocleidomastoid muscles: characteristics in normal subjects. *J Vestib Res*, 9(5): 327-34, 1999.
120. WELGAMPOLA MS, COLEBATCH JG. Vestibulocollic reflexes: normal values and the effect of age. *Clin Neurophysiol*, 112(11): 1971-9, 2001.
121. KARINO S, ITO K, OCHIAI A, MUROFUSHI T. Independent effects of simultaneous inputs from the saccule and lateral semicircular canal. Evaluation using VEMPs. *Clin Neurophysiol*, 116(7): 1707-15, 2005.
122. WELGAMPOLA MS, COLEBATCH JG. Vestibulospinal reflexes: quantitative effects of sensory feedback and postural task. *Exp Brain Res*, 139(3): 345-53, 2001.
123. MCCASLIN DL, JACOBSON GP, HATTON K, FOWLER AP, DELONG AP. The effects of amplitude normalization and EMG targets on cVEMP interaural amplitude asymmetry. *Ear Hear*, 34(4): 482-90, 2013.
124. OCHI K, OHASHI T, NISHINO H. Variance of vestibular-evoked myogenic potentials. *Laryngoscope*, 111(3): 522-7, 2001.
125. BOGLE JM, ZAPALA DA, CRITER R, BURKARD R. The effect of muscle contraction level on the cervical vestibular evoked myogenic potential (cVEMP):



- usefulness of amplitude normalization. *Journal of the American Academy of Audiology*, 24(2): 77-88, 2013.
126. TOURTILLOTT BM, FERRARO JA, BANI-AHMED A, ALMQUIST E, DESHPANDE N. Age-related changes in vestibular evoked myogenic potentials using a modified blood pressure manometer feedback method. *American journal of audiology*, 19(2): 100-8, 2010.
127. QIAN W, HOULDEN D, ADAMONIS J, CHEN JM, TAO ZZ. Novel method for vestibular evoked myogenic potentials: technique and reproducibility. *J Otolaryngol Head Neck Surg*, 41(5): 303-8, 2012.
128. LEE KJ, KIM MS, SON EJ, LIM HJ, BANG JH, KANG JG. The Usefulness of Rectified VEMP. *Clinical and experimental otorhinolaryngology*, 1(3): 143-7, 2008.
129. SANCHEZ-ANDRADE IV, SOTO-VARELA A, LABELLA CABALLERO T, GAYOSO DIZ P, SANTOS-PEREZ S. Impact of subject's position and acoustic stimulus type on vestibular evoked myogenic potentials (VEMPs) in normal subjects. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 271(9): 2359-64, 2014.
130. WEI W, JEFFCOAT B, MUSTAIN W, ZHU H, EBY T, ZHOU W. Frequency tuning of the cervical vestibular-evoked myogenic potential (cVEMP) recorded from multiple sites along the sternocleidomastoid muscle in normal human subjects. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology : JARO*, 14(1): 37-47, 2013.
131. LEE SK, CHA CI, JUNG TS, PARK DC, YEO SG. Age-related differences in parameters of vestibular evoked myogenic potentials. *Acta Otolaryngol*, 128(1): 66-72, 2008.
132. VAN TILBURG MJ, HERRMANN BS, GUINAN JJ, JR., RAUCH SD. Normalization Reduces Intersubject Variability in Cervical Vestibular Evoked Myogenic Potentials. *Otol Neurotol*, 2014.
133. CARNAUBA AT, FARIAS VV, SANTOS N, OLIVEIRA AC, RODRIGUES RG, MENEZES PDE L. Influence of gender on the vestibular evoked myogenic potential. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*, 77(2): 245-8, 2011.
134. VICIANA D, LOPEZ-ESCAMEZ JA. Short tone bursts are better than clicks for cervical vestibular-evoked myogenic potentials in clinical practice. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 269(7): 1857-63, 2012.
135. SU HC, HUANG TW, YOUNG YH, CHENG PW. Aging effect on vestibular evoked myogenic potential. *Otol Neurotol*, 25(6): 977-80, 2004.
136. BASTA D, TODT I, ERNST A. Characterization of age-related changes in vestibular evoked myogenic potentials. *J Vestib Res*, 17(2-3): 93-8, 2007.
137. BRANTBERG K, GRANATH K, SCHART N. Age-related changes in vestibular evoked myogenic potentials. *Audiol Neurootol*, 12(4): 247-53, 2007.
138. BALOH RW, YING SH, JACOBSON KM. A longitudinal study of gait and balance dysfunction in normal older people. *Archives of neurology*, 60(6): 835-9, 2003.
139. ROSENHALL U. Degenerative patterns in the aging human vestibular neuro-epithelia. *Acta Otolaryngol*, 76(2): 208-20, 1973.
140. BERGSTROM B. Morphology of the vestibular nerve. II. The number of myelinated vestibular nerve fibers in man at various ages. *Acta Otolaryngol*, 76(2): 173-9, 1973.
141. RICHTER E. Quantitative study of human Scarpa's ganglion and vestibular sensory epithelia. *Acta Otolaryngol*, 90(3-4): 199-208, 1980.
142. CAMPBELL MJ, MCCOMAS AJ, PETITO F. Physiological changes in aging muscles. *J Neurol Neurosurg Psychiatr*, 37: 131-41, 1974.

143. BENASSI G, D'ALESSANDRO R, GALLASSI R, MORREALE A, LUGARESI E. Neurological examination in subjects over 65 years: an epidemiological survey. *Neuroepidemiology*, 9(1): 27-38, 1990.
144. AKIN FW, MURNANE OD, TAMPAS JW, CLINARD CG. The effect of age on the vestibular evoked myogenic potential and sternocleidomastoid muscle tonic electromyogram level. *Ear Hear*, 32(5): 617-22, 2011.
145. JANKY KL, SHEPARD N. Vestibular evoked myogenic potential (VEMP) testing: normative threshold response curves and effects of age. *Journal of the American Academy of Audiology*, 20(8): 514-22, 2009.
146. ISARADISAIKUL S, NAVACHAROEN N, HANPRASERTPONG C, KANGSANARAK J. Cervical vestibular-evoked myogenic potentials: norms and protocols. *International journal of otolaryngology*, 2012: 913515, 2012.
147. DERINSU U, İSGENDEROVA E, AKDAŞ F. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyellerin Standardizasyonu. *Marmara Medical Journal*, 22(2): 127-33, 2009.
148. KRAUSE E, WECHTENBRUCH J, RADER T, GURKOV R. Influence of cochlear implantation on sacculus function. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 140(1): 108-13, 2009.
149. AKIN FW, MURNANE OD, PROFFITT TM. 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): 500-9; quiz 34-5, 2003.
150. CHENG PW, MUROFUSHI T. The effect of rise/fall time on vestibular-evoked myogenic potential triggered by short tone bursts. *Acta Otolaryngol*, 121(6): 696-9, 2001.
151. SHIN JE, KIM CH, PARK HJ. Influence of thresholds on amplitudes in vestibular evoked myogenic potentials. *Auris Nasus Larynx*, 40(4): 352-5, 2013.
152. PAPATHANASIOU ES, MUROFUSHI T, AKIN FW, COLEBATCH JG. International guidelines for the clinical application of cervical vestibular evoked myogenic potentials: an expert consensus report. *Clin Neurophysiol*, 125(4): 658-66, 2014.
153. BRANTBERG K, FRANSSON PA. Symmetry measures of vestibular evoked myogenic potentials using objective detection criteria. *Scandinavian Audiology*, 30(3): 189-96, 2001.
154. BASTA D, TODT I, ERNST A. Normative data for P1/N1-latencies of vestibular evoked myogenic potentials induced by air- or bone-conducted tone bursts. *Clin Neurophysiol*, 116(9): 2216-9, 2005.
155. KELSCH TA, SCHAEFER LA, ESQUIVEL CR. Vestibular evoked myogenic potentials in young children: test parameters and normative data. *Laryngoscope*, 116(6): 895-900, 2006.
156. KERDSIRI P, THONGYAI K, CHONGVISAL S, ATIPAS S, LIMVIRIYAKUL S. Vestibular evoked myogenic potentials (VEMP) in normal Thai volunteers. Bangkok, Thailand: Mahidol University; 2010.

## TEŐEKKÖR

Bu tezin meydana gelmesinde büyük emekleri olan baŐta değerli hocam Prof. Dr. Kasım Özlük olmak üzere, hocalarım Prof. Dr. Behzat Noyan'a, Prof. Dr. Oęuz Basut'a, Prof. Dr. Tölin Alkan'a, çalışmanın istatistiksel incelemesinde yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Güven Özkaya'ya, baŐta Nizamettin Toprak olmak üzere tüm Fizyoloji Anabilim Dalı çalıŐanlarına, baŐta odyometristlerimiz Fikret Demirkoparan, Berna Dalkılıç, Nurhayat CoŐkun olmak üzere tüm KBB Anabilim Dalı çalıŐanlarına, ve tüm gönöllölere yardım ve desteklerinden dolayı teŐekkürlerimi sunarım.

## ÖZGEÇMİŞ

On beş Ağustos 1975'te Ankara'da doğdum. İlk, orta ve lise öğretimini sırasıyla Merkez İlköğretim Okulu, Ordu ve Ordu Anadolu Lisesi'nde tamamladıktan sonra girdiğim İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi İngilizce Tıp Bölümü'nden 2000 yılında mezun oldum. Uzmanlık eğitimimi Hacettepe Üniversitesi'nde tamamlayarak 2005 yılında Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Uzmanı unvanı kazandım. Öğretim Görevlisi olarak 2007 yılında çalışmaya başladığım Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı'nda 2010 yılında Yardımcı Doçent, 2012 yılında Doçent oldum. Uludağ Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü'ne bağlı olarak 2007 yılından beri Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı'nda doktora çalışmalarına devam etmekteyim.