

Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller: Klinik kullanımı

Hatice KAVRUK¹, Ayşenur AYKUL¹, Burak ÖZTÜRK²

¹KTO Karatay Üniversitesi, Odyoloji Bölümü, Konya, Türkiye

²İzmir Tinaztepe Üniversitesi, Dil ve Konuşma Terapisi Bölümü, İzmir, Türkiye

ÖZ

Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (VEMP), yüksek şiddette uyarana cevaben boyun (cVEMP) ya da göz kasları (oVEMP) üzerine yerleştirilen elektrotlarla kaydedilen kısa latanslı miyojenik cevaplardır. Yaygın vestibüler sistem hastalıklarının yanı sıra denge bozukluklarına yol açan çeşitli santral patolojilerde de anormal VEMP bulguları bildirilmiştir. VEMP testinin birçok vestibüler ve santral bozukluğun tanısında kullanımının faydalı olduğu düşünülmektedir. Bu derlemede ilgili literatür gözden geçirilerek çeşitli hastalıkların ayırt edici tanılmasında VEMP testinin klinik kullanımı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: VEMP, cVEMP, oVEMP, vestibüler sistem, santral bozukluklar

ABSTRACT

Vestibular evoked myogenic potentials: Clinical applications

Vestibular evoked myogenic potentials are short-latency myogenic responses recorded with electrodes placed on neck or eye muscles in response to high-intensity stimulus. In addition to common vestibular system diseases, abnormal VEMP findings have been reported in various central pathologies that cause balance disorders. The VEMP test is considered to be useful in the diagnosis of many vestibular and central disorders. In this review, the clinical use of VEMP test in the differential diagnosis of various diseases has been revealed by reviewing the relevant literature.

Keywords: VEMP, cVEMP, oVEMP, vestibular system, central disorders

Cite this article as: Kavruk, H., Aykul, A., Öztürk, B. (2021). Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller: Klinik kullanımı. *Türk J Audiol Hearing Res*, 4(2):51-58.

GİRİŞ

Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (VEMP); yüksek şiddette uyarana cevap olarak ortaya çıkan ve sternocleidomastoid kası (SCM) ya da ekstraoküler kaslar üzerine yerleştirilen yüzey elektrotlarıyla kaydedilen kısa latanslı miyojenik cevaplardır (Rosengren, S. M. ve ark., 2010). SCM üzerinden kaydedilen cevaplar servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (cVEMP) olarak adlandırılır. cVEMP’te ilk dalga yaklaşık 13 msn’de ortaya çıkan pozitif p13 ve ikinci dalga yaklaşık 23 msn’de ortaya çıkan negatif n23’dür. İnférieur oblik ekstraoküler kaslarından kaydedilen cevaplar ise oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (oVEMP) olarak adlandırılır. oVEMP’te ilk oluşan dalga ortalama 10 msn’de ortaya çıkan negatif n10 ve diğer dalga 15 msn’de ortaya çıkan pozitif p15’tir. cVEMP’ler inferior vestibüler sinir aracılığıyla sakküler afferentlerden beyin sapı vestibüler çekirdeklerine giden vestibülo-kolik refleksin bütünlüğünü değerlendirirken; oVEMP’ler utrikulustan superior vestibüler sinir ve medial longitudinal fasikül yoluyla beyin sapı vestibüler çekirdeklerine giden vestibülo-oküler refleks arkının fonksiyonunu ölçer (Curthoys, I. S, 2010; Venhovens,

J. ve ark., 2016). VEMP’ler özellikle semisirküler kanalların değerlendirildiği kalorik test ve head-impulse testinden (HIT) farklı olarak otolitik fonksiyonun değerlendirilmesinde kullanılır (Murofushi, T., 2014).

İletim Tipi Patolojiler

Dış ve/veya orta kulaktaki bir patoloji, hava yolu vasıtasıyla verilen uyarının otolitik organlara yeterli şiddette iletilmemesine neden olabilir ve azalan ses iletimi hava yolu VEMP cevaplarını etkileyebilir. Bir çalışmada sağlıklı bireylerde cVEMP ve oVEMP’ler hava yolu uyarana ile ölçülmüş, daha sonra bu bireylerin dış kulak kanalına bir tıkaç yerleştirilip ortalama 22 dB’lik hava-kemik aralığı oluşturularak iletim tipi işitme kaybının (İTİK) cVEMP ve oVEMP cevapları üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Başlangıçta hem cVEMP hem de oVEMP’ler tüm bireylerde elde edilmişken, İTİK oluşturulduktan sonra cVEMP ve oVEMP’lerde anlamlı azalmış cevap oranı, eşiklerde yükselme ve amplitüdlere azalma görülmüştür (Han, P. ve ark., 2016).



VEMP'ler çeşitli orta kulak patolojilerinde de değerlendirilmiştir. Otoskleroz hastalarında hava yolu ve kemik yolu uyaran ile elde edilen cVEMP cevapları karşılaştırılmış ve hastalığın ilk aşamalarında hava yolu cVEMP cevaplarının mevcut olabileceği gösterilmiştir (Yang, T. L. ve Young, Y. H., 2007). Bununla birlikte, özellikle 20 dB'in üstündeki işitme kayıplarında hava yolu cVEMP'lerin elde edilemeyeceği, kemik yolu cVEMP'lerin ise mevcut olabileceği bildirilmiştir (Yang, T. L. ve Young, Y. H., 2007; Tramontani, O. ve ark., 2014). Ancak hastalığın ilerleyen evrelerinde iç kulağın etkilenmesi sonucu kemik yolu cVEMP ve oVEMP'lerin de etkilenebileceği öne sürülmüştür (Yang, T. L. ve Young, Y. H., 2007; Saka, N. ve ark., 2012; Amali, A. ve ark., 2013; Lin, K. Y. ve Young, Y. H., 2014).

Kronik otitis media hastalarında hava yolu cVEMP cevaplarının genellikle elde edilemediği ya da latanslarının uzadığı gösterilmiştir (Wang, M. C. ve ark., 2009; Lee, J. S ve ark., 2014). Bu hastalarda ameliyat öncesi ve sonrası hava yolu cVEMP cevapları karşılaştırılmış, ameliyat sonrasında cevap oranında artış ve latanslarda kısalma görüldüğü bildirilmiştir (Wang, M. C. ve ark., 2009; Lee, J. S ve ark., 2014). Kemik yolu cVEMP cevapları ise kronik otitis media hastalarının tamamına yakınında elde edilmiştir (Yang, T. S. ve Young, Y. H., 2003; El-Khousht, M. M. ve ark., 2010). Benzer şekilde kronik otitis media hastalarında hava yolu oVEMP cevaplarının elde edilemediği, kemik yolu oVEMP cevaplarının ise tümünde elde edildiği bildirilmiştir (Wang, S. J. ve ark., 2010). Bu çalışmalara göre, iletim tipi patolojisi olan bireylerde VEMP kullanılarak yapılacak vestibüler değerlendirmede kemik yolu uyaran kullanılması daha doğru ve güvenilir sonuçlar ortaya çıkaracaktır.

Meniere Hastalığı

Meniere hastalığı, fluktuasyon gösteren sensorinöral işitme kaybı, tinnitus, kulakta dolgunluk ve epizodik spontan vertigo atakları ile karakterize kronik bir iç kulak hastalığıdır (Guo, P. ve ark., 2019). Meniere hastalığının etiyolojisi ve patogenezi belirsizliğini korumaktadır ancak en olası patofizyolojik mekanizmanın endolenfatik hidrops olduğu düşünülmektedir (Vassiliou, A. ve ark., 2011). Endolenfatik hidrops kendi başına progresif işitme kaybı ve vertigo atakları gibi klinik belirtileri açıklamamakla birlikte, histopatolojik çalışmalarda koklear kanalda ve vestibüler organlarda endolenf birikiminin Meniere hastalığı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Lopez-Escamez, J. A. ve ark., 2015). Meniere hastalığında endolenfatik hidrops en sık kokleada, onu takiben sakkulusta ve ardından utrikulusta görülmektedir (Okumura, T. ve ark., 2016).

Meniere tanısının konulabilmesi için alçak frekansları tutan işitme kaybı, 20 dk-12 saat süren en az iki spontan vertigo atağı ile etkilenen kulakta tinnitus veya kulakta dolgunluk hissini mevcut olması gerekir (Lopez-Escamez, J. A. ve ark., 2015). Ancak özellikle hastalığın ilk evrelerinde tüm belirtilerin bulunmaması nedeniyle hastalığın ayırt edici tanılması zorlaşmaktadır.

Meniere hastalarında cVEMP cevaplarını değerlendiren birçok çalışma etkilenen kulakta cVEMP'lerin elde edilemediği ya da amplitüdlerinin azaldığı anormal sonuçlar bildirmiştir (Kingma, C. M ve Wit, H.P., 2011; Kim, M. B ve ark., 2013; Rizk, H. G. ve ark., 2020). Bu hasta grubunda etkilenen kulaktaki cVEMP cevap oranı kontrol grubuna ve etkilenmeyen kulağa kıyasla anlamlı derece düşüktür (Guo, P. ve ark., 2019). Meniere hastalarında cVEMP amplitüd asimetri oranının kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde yüksek olduğu gösterilmiştir (Kim, M. B ve ark., 2013; Maxwell, R. ve ark., 2016). Ancak bu hastalarda etkilenmeyen kulakta da cVEMP cevap amplitüdlerinin azalabileceği ve bu nedenle amplitüd asimetri oranının tanısız değerinin düşük olduğu öne sürülmüştür (Kingma, C. M ve Wit, H.P., 2011; Rizk, H. G. ve ark., 2020).

Meniere hastalarında oVEMP cevaplarını değerlendiren çalışmalar da bulunmaktadır. Bu hasta grubunda oVEMP cevap oranının düştüğü ve amplitüdlere azaldığı anormal bulgular bildirilmiştir (Winters, S. M. ve ark., 2011b; Guo, P. ve ark., 2019; Rizk, H. G. ve ark., 2020). Bu anormal oVEMP cevaplarının her iki kulakta da görüldüğü ancak etkilenen kulakta daha fazla olduğu öne sürülmüştür (Winters, S. M. ve ark., 2011b; Guo, P. ve ark., 2019). Meniere hastalarında oVEMP amplitüd asimetri oranının kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğu bildirilmiştir (Maxwell, R. ve ark., 2016; Guo, P. ve ark., 2019). Ancak tek başına VEMP cevap oranları ve amplitüd değerleri Meniere hastalığının ayırt edici tanılmasını sağlamamaktadır.

Sağlıklı bireylerde hava yolu cVEMP'lerde en düşük eşikler ve en büyük amplitüdümlü cevaplar 500 Hz tone-burst uyaran kullanılarak elde edilirken, Meniere hastalarında en iyi cVEMP cevaplarının görüldüğü frekansın 1000 Hz gibi daha yüksek frekanslara kaydığı gösterilmiştir (Rauch, S. D. ve ark., 2004; Sandhu, J. S. ve ark., 2012). Bir başka çalışmada, Meniere hastalarında cVEMP 1000/500 Hz amplitüd oranının etkilenen kulaklarda arttığı bildirilmiştir (Angeli, S. I. ve ark., 2019). Meniere hastalarında en iyi oVEMP cevaplarının da 1000 Hz gibi daha yüksek frekanslara kaydığı raporlanmıştır (Sandhu, J. S. ve ark., 2012; Winters, S. M. ve ark., 2011a). Diğer çalışmalarda, oVEMP 1000/500 Hz amplitüd oranının Meniere hastalığı olan kulaklarda arttığı gözlemlenmiştir (Jerin, C. ve ark., 2014; Singh, N. K. ve Barman, A., 2016). Ancak en iyi VEMP cevaplarının görüldüğü frekans artan yaşla birlikte de daha yüksek frekanslara kaymaktadır (Piker, E. G., ve ark., 2013). Bu nedenle yaşlı bireylerde bu duruma dikkat edilmelidir.

Meniere hastalığının çeşitli evrelerinde farklı VEMP cevaplarının elde edildiği öne sürülmüştür. Erken ve geç evre Meniere hastalarında VEMP cevapları karşılaştırılmış ve geç evre Meniere hastalarında önemli ölçüde daha fazla anormal VEMP cevapları tespit edilmiştir (Chen, L. ve ark., 2016). Bir başka çalışma, Meniere hastalığının ilerleyen evrelerinde asimetri oranının arttığını göstermiştir (Kim, M. B ve ark.,

2013). Bu durum otolit hasarının koklear hasarın şiddetlenmesi ile arttığını gösterir.

Kokleadan sonra en sık etkilenen bölgenin sakkulus olması nedeniyle, oVEMP'e kıyasla cVEMP cevaplarının daha fazla etkilendiği gözlemlenmiştir (Chen, L. ve ark., 2016). Bir diğer çalışmada ise Meniere hastalarında anormal cVEMP ve oVEMP cevaplarının prevalansı arasında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir (Taylor, R. L. ve ark., 2011). VEMP testinin tek başına Meniere hastalığı veya gecikmiş endolenfatik hidrops teşhisi için yeterli olmadığı, ancak test bataryasının önemli bir bileşeni olarak kullanılabileceği düşünülmektedir (Zhang ve ark., 2015).

Superior Semisirküler Kanal Dehissansı (SSCD)

Superior semisirküler kanal dehissansı (SSCD), orta kulak veya kafa içi basıncını değiştiren şiddetli akustik uyarıların neden olduğu çeşitli işitsel ve/veya vestibüler semptomların görüldüğü bir sendromdur (Bi, W. L. ve ark., 2017; Minor, L. B., 2005). Bu sendroma sahip hastalarda Tullio fenomeni (yüksek sesle ortaya çıkan vertigo ve nistagmus) veya Hennebert belirtisi (basınçla ortaya çıkan nistagmus) ortaya çıkabilir (Minor, L. B., 2005). Superior semisirküler kanalda dehissans olması durumunda akustik uyarı normalden farklı olarak üçüncü pencereye doğru yönelir (Ho, M. ve ark., 2017). SSCD'de superior semisirküler kanalın kemik dokusunun hasarına bağlı olarak yüksek ses ve basınca maruziyet ile kulakta dolgunluk, otofoni, iletim tipi işitme kaybı, hiperakuzi, pulsatil tinnitus ve diziness gibi çeşitli semptomlar görülebilmektedir (Minor, L. B. ve ark., 1998; Bi, W. L. ve ark., 2017).

SSCD semptomları bireyler arasında değişiklik göstermektedir ve saf ses odyometri, timpanometri, akustik refleks ölçümleri, vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller ve yüksek çözünürlüklü bilgisayar tomografi (BT) görüntüleme testlerinin birlikte yorumlanmasıyla tanı konulmaktadır (Ho, M. ve ark., 2017; Ward, B. K. ve ark., 2017; Zhou, G. ve ark., 2007). Akustik reflekslerin normal elde edilmesi ve özellikle 1000 Hz'den daha alçak frekanslarda iletim tipi işitme kaybı görülmesi SSCD'yi akla getirmektedir (Zhou, G. ve ark., 2007).

SSCD'de dehissans ve üçüncü pencere ile labirentte endolenf akışının artması nedeniyle VEMP cevapları düşük eşik değerlerine sahiptir (Streubel, S. ve ark., 2001; Hillman, T. A. ve ark., 2006; Rosowski, J. J. ve ark., 2004). Bu önemli klinik bulgu, SSCD'den şüphelenilen hastaların VEMP cevaplarının değerlendirilmesinde ve diğer patolojilerden ayırt etmede faydalı olacaktır (Streubel, S. ve ark., 2001). Superior semisirküler kanal dehissansına sahip bir kulaktaki VEMP uyarısı dehissans olmayan bir kulağa göre daha fazla sakkulus aktivasyonu ile sonuçlanır ve VEMP cevaplarının amplitüdü, etkilenen tarafta sağlıklı tarafa göre daha yüksek elde edilir (Minor, L. B., 2005). Normal vestibüler fonksiyona sahip bireylerde VEMP cevaplarını ortaya çıkarmak için gereken uyarı şiddeti genellikle 85 dBHL'dir. SSCD'nin varlığı, hastaları işitsel uyarana karşı daha duyarlı

hale getirir ve etkilenen tarafta cVEMP cevapları (<65 dBHL) daha düşük eşikte elde edilir ve amplitüdlere artış görülür (Brantberg, K. ve ark., 1999; Streubel, S. ve ark., 2001; Watson, S. R. ve ark., 2000). Zhou ve ark. (2007), 500 Hz tone burst uyarı kullanarak VEMP'leri değerlendirdiği çalışmada, VEMP eşiklerini SSCD olan kulaklarda 66 dB ve kontrol grubunda 85 dB elde edilmiştir.

SSCD varlığında cVEMP cevapları ile kıyaslandığında oVEMP cevapları daha düşük eşiklerde elde edilmiş ve amplitüdlere daha yüksek bulunmuştur (Zuniga, M. G. ve ark., 2013). SSCD'de 500 Hz tone burst uyarana cevap olarak cVEMP amplitüdlere kıyasla yaklaşık 2 kat artış gösterirken, oVEMP amplitüdlere aynı uyarı için 10 kat artış göstermiştir (Janky, K. L. ve ark., 2013). 4 kHz oVEMP n10 cevabının, 500 Hz oVEMP amplitüdü ve cVEMP eşiklerinden daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Dehissans radyografik kanıtlarının olduğu ancak hastaların semptomlarının spesifik olmadığı durumlarda 4 kHz oVEMP hastaların tanılanmasını sağlayacaktır (Tran, E. D. ve ark., 2020). Her iki testin de SSCD patolojisini ayırt etmede etkili olduğu kanıtlanmış olmasına rağmen amplitüd analizleri için cVEMP'e kıyasla oVEMP cevapları daha belirleyici olmuştur.

cVEMP, BT ile kanıtlanmış SSCD'yi doğrulamada % 80-96 duyarlılık ve özgüllüğe sahipken; oVEMP'de bu oran % 90'dır ve her iki test yöntemi de SSCD sendromunun tanısında uygun bir tarama yöntemi olarak kullanılabilir (Zhou, G. ve ark., 2007; Zuniga, M. G. ve ark., 2013). Ancak cVEMP eşik belirlenmesi hastalar için daha zaman alıcı ve yorucudur. SSCD hastalarda sese karşı baş dönmesi bildirildiği için hastalarda test ölçüm sayısının az olması tercih edilir. Bu nedenle oVEMP amplitüd ölçümlerinin analizini yapmak daha avantajlı olabilir (Zuniga, M. G. ve ark., 2013).

Vestibüler Nörinit

Vestibüler nörinit, koklear semptomlar (tinnitus, işitme kaybı) veya nörolojik belirtiler olmaksızın nörovejetatif semptomlar (bulantı ve kusma), birkaç gün süren şiddetli rotatif vertigo ve etkilenmemiş kulağa doğru vuran spontan nistagmus ile karakterize bir hastalıktır (Nola, G. ve ark., 2011). Periferik vestibüler vertigonun en yaygın nedenlerinden biridir ve sıklıkla vestibüler ganglionlarda herpes simpleks virüsünün reaktivasyonu nedeniyle meydana gelir (Jeong, S. H. ve ark., 2013). Hastalık vestibüler sinirin her iki dalını da etkileyebileceği gibi (total tutulum), sadece süperior ya da sadece inferior dalı da etkileyebilir. Süperior vestibüler sinir tutulumu ve total tutulum en sık görülen tipleridir. İnférieur vestibüler nörinit ise yakın zamanda bildirilmiştir ve daha seyrek görülmektedir (Zhang, D. ve ark., 2010).

Genel olarak, cVEMP cevaplarının sakkulus ve onu innerve eden inferior vestibüler sinir fonksiyonunu yansıttığı kabul edilmektedir. oVEMP'in kökeninin ise utrikulus ve onu innerve eden süperior vestibüler sinir olduğu düşünülmektedir

(Curthoys, I. S. ve ark., 2009; Govender, S. ve ark., 2011). Bu nedenle, vestibüler nörint hastalarında görülen VEMP cevapları vestibüler sinirdeki hasarlı bölgeye göre değişiklik gösterir.

Süperior vestibüler nörintte cVEMP cevaplarının normal elde edildiği; inferior dalın tutulumunda ise ipsilezyonel tarafta cVEMP cevaplarının mevcut olmadığı, azaldığı ya da latanslarının uzadığı asimetric cevaplar bildirilmiştir (Nola, G. ve ark., 2011; Viciano, D. ve Lopez-Escamez, J.A., 2010). cVEMP cevaplarının ipsilezyonel tarafta mevcut olmaması veya azalması ile oVEMP cevaplarının bilateral normal olmasının inferior vestibüler nörinti gösterebileceği öne sürülmüştür (Shin, B. S. ve ark., 2012; Kim, J. S. ve Kim, H. J., 2012). Bunun tersi şekilde, süperior vestibüler nörintte cVEMP cevaplarının normal olduğu; kontralezyonel taraftaki oVEMP cevaplarının ise mevcut olmadığı, azaldığı ya da latansının uzadığı gösterilmiştir (Shin, B. S. ve ark., 2012; Govender, S. ve ark., 2015). Total sinir tutulumunda anormal cVEMP ve oVEMP cevapları görülmektedir (Shin, B. S. ve ark., 2012). Ek olarak, VEMP testinin kullanımı ile ampuller nörint olmak üzere dördüncü bir tip daha belirlenmiştir. Ampuller nörintin normal cVEMP ve oVEMP cevapları ile ayırt edilebileceği öne sürülmüştür (Walther, L. E ve Blödow, A., 2013). cVEMP ile oVEMP ve diğer vestibüler değerlendirme yöntemlerinin kombine bir şekilde kullanılması, vestibüler nörint tanısının konulmasına ve hasarlı bölgenin belirlenmesine yardımcı olur.

Vestibüler Schwannoma

Vestibüler schwannoma (VS), superior veya inferior vestibüler sinirin schwann hücrelerinden gelişen iyi huylu bir tümördür ve çeşitli derecelerde vestibüler disfonksiyona neden olur (Iwasaki, S. ve ark., 2009; Piras, G. ve ark., 2013). Vestibüler schwannoma (VS), serebellopontin köşe tümörlerinin yaklaşık %80-90'ını oluşturur ve erken semptomlarının arasında işitme kaybı veya tinnitus gibi işitsel anormallikler olduğu bildirilmiştir (Suzuki, M. ve ark., 2008). Tanı, yüksek çözünürlüklü manyetik rezonans görüntülemeye (MRI) dayanmaktadır ancak koklear-vestibüler semptomları olan tüm hastalarda MRI yapılamaz. Bu nedenle, VS'li hastaların tam bir değerlendirmesi, işitsel uyarılmış potansiyeller, kalorik test ve vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel klinik ölçümlerini içerir (Piras, G. ve ark., 2013). VS hastalarında kalorik testi superior vestibüler sinir aktivitesi nedeniyle normal elde edilebilir ancak etkilenen tarafta cVEMP cevaplarının yokluğu veya amplitüdlerindeki azalma tanılamada faydalı olacaktır (Murofushi, T. ve ark., 1998). cVEMP ve oVEMP'ler vestibüler sinirin farklı dallarını değerlendirdiği için VS hastalarında tutulan sinirin kökeni tespit edilebilir (Rahne, T. ve ark., 2018). Birçok çalışma, VS hastalarında VEMP'lerin azaldığını veya mevcut olmadığını bildirmiştir (Taylor, R.L. ve ark., 2015; Ushio, M. ve ark., 2009; Patko, T. ve ark., 2003).

Yapılan çalışmalarda VS hastalarında etkilenen tarafta cVEMP anormallikleri tespit edilmiştir (Murofushi, T. ve ark., 1998; Patko, T. ve ark., 2003; Ushio, M. ve ark., 2001; Piras, G. ve ark., 2013; Iwasaki, S. ve ark., 2009). Bu hasta grubunda cVEMP

amplitüdlerinde azalma ve latanslarında uzama bildirilmiştir (Angunsri, N. ve ark., 2010; Murofushi ve ark., 2001). oVEMP testi sonucunda da etkilenen tarafta cevap elde edilememiştir veya amplitüdü azalmıştır (Piras, G. ve ark., 2013; Iwasaki, S. ve ark., 2009).

Tek taraflı VS'nin aksine, Nörofibromatoz 2 (NF2) hastalığında cVEMP'lerin elde edilmeme oranı (%14) daha düşüktür (Wang, C.P. ve ark., 2005). NF2'deki daha düşük anormallik oranı, tümörlerin sıklıkla süperior vestibüler sinir yerleşimine bağlı olabilir (Slattery, W.H. ve ark., 1998). VEMP cevaplarında meydana gelen anormal bulgular tümörün boyutuna ve yerleşimine göre farklılık göstermektedir (Day, A. S. ve ark., 2008). Büyük tümörlü vakalarda, cVEMP cevapları elde edilememektedir veya amplitüdüde azalma görülebilmektedir. Küçük tümörler n23 latanslarında uzama göstermektedir. Bu sonuçlar amplitüd farkının, p13 ile n23 latanslarının VN için faydalı tanı parametreleri olduğunu ve klinik uygulama için VEMP testinin önemli bir batarya testi olduğunu göstermektedir (Angunsri, N. ve ark., 2010).

Benign Paroksizmal Pozisyonel Vertigo

Benign Paroksizmal Pozisyonel Vertigo (BPPV), başın farklı pozisyonları ile ortaya çıkan vertigo ve nistagmus ile karakterizedir ve en yaygın periferik vestibüler bozukluklardan biridir (Herdman, S. J. ve ark., 2000; Godha, S., 2020). BPPV hastalarında otokonyanın ayrılmasına yol açan dejeneratif süreç henüz tam olarak anlaşılammıştır. BPPV'nin olası nedeni otolitik organların (utrükül ve sakkul) dejenerasyonudur (Korres, S. ve ark., 2011). Bu nedenle, otolit organlardan birinde veya her ikisindeki patoloji VEMP cevaplarını etkileyebilir. Otolit organların fonksiyonel bütünlüğünü test eden cVEMP ve oVEMP ölçümleri BPPV'de otolit tutulumunu araştırmak için kullanılabilir (Singh, N. ve ark., 2016).

Literatürde BPPV hastalarında VEMP'in etkisini değerlendirmek için yapılan çeşitli çalışmalarda hastaların %24-52'sinde VEMP anormallikleri tespit edilmiştir (Yetişer, S. ve ark., 2014; Kim, E. J. ve ark., 2015; Hong, S. M. ve ark., 2008; Pascual, P. M. ve ark. 2017). BPPV hastalarında cVEMP latanslarının uzadığı çeşitli çalışmalarda tespit edilmiştir (Yang, W. S. ve ark., 2008; Akkuzu, G. ve ark., 2006; Eryaman, E. ve ark., 2012, Oya, R. ve ark., 2019). Godha ve ark. (2020), BPPV'li hastaların cVEMP ölçümü sırasında, etkilenen tarafta anormal sakküler fonksiyona işaret eden anormal latans ve amplitüd gösterdiğini bildirmiştir.

BPPV hastalarında yapılan oVEMP ölçümlerinde sağlıklı kontrol gruba kıyasla anlamlı anormallik elde edilmiştir (Kim, E. J. ve ark., 2015; Pascual, P. M ve ark. 2019, Oya, R. ve ark., 2019). Bu hasta grubunda kontrol grubuna kıyasla oVEMP amplitüdlerinin anlamlı şekilde azaldığı bildirilmiştir (Singh, N. K. ve ark., 2015). Epley manevrası sonrası Posterior kanal Benign Paroksizmal Pozisyonel Vertigo (BPPV) olan bireylerde yapılan oVEMP ve cVEMP testlerinde anormallik elde edilmiştir (Semmanaselvan, K. ve ark., 2019). Posterior kanal

BPPV'si olan hastalarda yapılan çalışmada hastaların %30'unda anormal cVEMP cevapları ve %56.7'sinde anormal oVEMP cevapları tespit edilmiştir (Xu, H. ve ark., 2016). Posterior kanal BPPV'si olan hastalarda yapılan bir diğer çalışmada kontrol grubuna kıyasla cVEMP ölçümünde anlamlı farklılık tespit edilemezken, oVEMP ölçümünde anormallikler tespit edilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda posterior semisirküler kanal BPPV'sinde utriküler disfonksiyonun sakküler disfonksiyondan daha yaygın olabileceği öne sürülmüş ve oVEMP ölçümünün duyarlılığının ve özgüllüğünün cVEMP ölçümünden daha yüksek olduğu varsayımına ulaşılmıştır (Xu, H. ve ark., 2016; Singh, N. ve ark., 2016).

Tekrarlayan BPPV grubuyla, tekrarlamayan BPPV grubunu karşılaştıran çalışmalarda cVEMP veya oVEMP anormalliklerinin, tekrarlayan BPPV grubunda anlamlı derecede yüksek olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle, VEMP anormalliğinin BPPV nüksü olasılığını tahmin etmede etkili olabileceği sonucuna varılmıştır (Lee, J. D. ve ark., 2013; Xu, H. ve ark. 2016).

Vestibüler Migren

Vestibüler migren (VM), tanı konulmamış tekrarlayan vertigo ve dizziness olan hastalarda, vertigonun en yaygın nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Neuhauser, H. K., 2007). VM kriterleri geçirilmiş ya da devam etmekte olan migren öyküsüne sahip olan kişide, vestibüler atakların en az %50'sine baş ağrısı, görsel (vizüel) aura ve/veya foto ve fonofobi gibi migrenöz semptomların eşlik etmesi ve 5 dakika ile 72 saat arasında en az beş vertigo atağını içermektedir (Lempert, T. ve ark., 2012; IHS, 2013). Semptomlar saniyelerden günlere kadar sürebilir (Neuhauser, H. K., 2007). VM'nin patofizyoloji net olmamakla birlikte hem beyin sapı hem de periferik vestibüler mekanizma üzerinde bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir (Baier, B. ve ark., 2009). Periferik patofizyolojiyi destekleyen bir teori, iç işitsel arterdeki vasküler değişikliklerin labirent yapılarında iskemik hasara yol açabileceğini öne sürmektedir. Labirentin vazospazmın neden olduğu iskemi ve migren atakları sırasında plazma ekstrasvasyonu, koklea ve vestibülde kalıcı hasarla sonuçlanabilir (Allena, M. ve ark., 2007; Doaa, E. ve ark., 2020). Vestibüler migren, çeşitli vertigo sendromlarının %6-9'unu oluşturduğu için ayırıcı tanıda VEMP testi değerlidir (Baier, B. ve ark., 2009).

Baier, B. ve ark. (2009) yaptığı çalışmada vestibüler migreni olan 63 hastanın 43'ünde (%68) kontrollere kıyasla VEMP amplitüdüleri azalmıştır ancak latansta fark görülmemiştir. Vestibüler migren hastalarının VEMP amplitüdülerinin kontrol grubuna kıyasla bilateral %77 oranında anlamlı olarak azaldığı tespit edilmiştir (Baier, B. ve ark., 2009). VM'li hastalarda yapılan bazı çalışmalarda cVEMP cevapları elde edilmemiştir veya cevap latanslarında uzama bildirilmiştir (Baier, B. ve ark., 2009; Boldingh, M. I. ve ark., 2011). VM'li hastalarda yapılan diğer çalışmalar cVEMP cevap latansları normal olmasına rağmen düşük amplitüdüler tespit etmiştir (Allena, M. ve ark., 2007; Roceanu, A. ve ark., 2008; Murofushi, T. ve ark., 2009).

Vestibüler migrenli ve sağlıklı kontrol grubu karşılaştıran bazı çalışmalarda ise p13, n23 latansları ve amplitüdüleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmemiştir (Taylor, R. L. ve ark., 2012; Kandemir, A. ve ark., 2013; Hong, S. M. ve ark., 2011).

Oh, S. Y. ve ark. (2015) ve Khalil, L. H. ve ark. (2016) çalışmalarında kontrollere kıyasla VM hastalarında oVEMP anormallikleri tespit etmiştir (Oh S. Y ve ark., 2015; Khalil, L. H. ve ark., 2016). Zaleski ve ark. (2015), vestibüler migrenli hasta grubunun %8'inde bilateral cVEMP'ler bulunmadığını, %28'inde oVEMP cevaplarının bilateral elde edilmediğini ve oVEMP ve cVEMP amplitüd asimetri oranının VM'li hastalarda anlamlı olarak daha yüksek elde edildiği bildirmiştir (Zaleski A. ve ark., 2015). VM'li hastaların oVEMP amplitüdülerini değerlendiren çalışmalarda değişken derecelerde asimetri saptanmıştır (Inoue, A. ve ark., 2016; Długaiczek, J. ve ark., 2020; Makowiec, K. F. ve ark., 2018). Talaat, H. S. ve ark. (2014) yaptığı çalışmada VM hastalarının %16'sında oVEMP'in n10 latansında uzama tespit etmiştir (Talaat, H. S. ve ark., 2014). VM hastalarının kontrol grubuyla karşılaştırıldığı, click uyararı kullanılarak yapılan çalışmada amplitüdülerde anlamlı azalma olduğu görülmüştür (Zuniga M. G. ve ark., 2012).

Literatürden elde edilen sonuçlardaki tutarsızlığın nedeni çalışmalara katılan hastaların, hastalığın başlangıcından itibaren geçen süre, atakların şiddeti, geçirdiği atağın son zamanı ve hastalar için kullanılan farklı tanı kriterleri, kullanılan uyararı tipi, uyararının şiddeti, kas anatomisi ve kasılması, deri altı yağ tabakası, cilt empedansı, aktif yüzey elektrodunun yerleşimi, cevapların kayıt yöntemi ve kayıt kriterlerindeki farklılıklar olabilir (Doaa, E. ve ark., 2020).

Santral Patolojiler

VEMP cevapları periferik otolitik yolların yanı sıra vestibüler fasikül ve çekirdekleri, medial vestibulospinal yolu ve medial longitudinal fasikülü içeren santral vestibulospinal ve vestibulooküler yolların işlevini de değerlendirir. Bu nedenle VEMP testi santral sinir sistemindeki bozuklukları teşhis etmede önemli bir araç olarak kullanılabilir (Oh, S. Y. ve ark., 2016). Beyin sapı lezyonlarında cevapların mevcut olmadığı, amplitüdülerin azaldığı ya da latansların uzadığı anormal cVEMP'ler bildirilmiştir (Itoh, A. ve ark., 2001).

Multipl skleroz (MS), beyin sapı da dahil olmak üzere santral sinir sisteminde demiyelinizasyon ile karakterize kronik nörolojik bir hastalıktır (Eleftheriadou, A. ve ark., 2009). MS hastalarında %70'e kadar anormal cVEMP cevapları bildirilmiştir (Alpini, D. ve ark., 2004). Bu hasta grubunda en sık latansların uzadığı ve ardından cevapların mevcut olmadığı anormal cVEMP bulguları elde edilmiştir (Eleftheriadou, A. ve ark., 2009; Gazioğlu, S. ve Boz, C., 2012; Gabelić, T. ve ark., 2013). MS'nin oVEMP üzerine etkisini değerlendiren çalışmalar da sıklıkla latansların uzadığını ya da cevapların elde edilemediğini tespit etmiştir (Gazioğlu, S. ve Boz, C., 2012; Gabelić, T. ve ark., 2013). VEMP



latanslarının uzamasının labirent bozukluklarından ziyade retro-labirent veya beyin sapı lezyonlarının bir göstergesi olabileceği bildirilmiştir ancak bu bulgu MS için spesifik değildir ve MS'yi diğer etiyojilerden ayırmaya etkili değildir (Murofushi, T. ve ark., 2001).

MS'de anormal oVEMP cevaplarının (%45), anormal cVEMP bulgularından (%17) daha fazla olduğu öne sürülmüştür (Gazioğlu, S. ve Boz, C., 2012). Ek olarak, çoğunlukla MS'ye bağlı internükleer oftalmopleji hastalarında oVEMP'te (%69), cVEMP'ten (%8) daha yüksek anormal cevaplar bildirilmiştir (Rosengren, S.M. ve Colebatch, J. G., 2011). Bir başka çalışmada, cVEMP ve oVEMP anormal bulgularına farklı puanlar verilerek VEMP skoru oluşturulmuştur. cVEMP ile oVEMP sonuçlarının birlikte ve VEMP skoru şeklinde yorumlanmasının, MS'nin erken evresi dahil olmak üzere beyin sapı tutulumunu belirlemede daha faydalı olabileceği öne sürülmüştür (Gabeliç, T. ve ark., 2015; Crnošija, L. ve ark., 2017).

Parkinson hastalığında da latansların uzadığı ya da amplitüdülerin azaldığı anormal VEMP cevapları elde edilmiştir (de Natale, E. R. ve ark., 2015; Potter-Nerger, M. ve ark., 2015). Ancak bu grupta oVEMP'lerin daha fazla etkilendiği öne sürülmüştür (Potter-Nerger, M. ve ark., 2015).

SONUÇ

VEMP testi yaklaşık 30 yıl önce vestibüler sistemin değerlendirilmesinde kullanılan bir ölçüm metodu olarak tanımlanmış ve klinikte kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. VEMP cevapları meniere hastalığı, superior semisirküler kanal dehissansı, vestibüler nörit, vestibüler schwannoma, benign paroksizmal pozisyonel vertigo gibi birçok vestibüler sistem hastalığının yanı sıra santral patolojilerden de etkilenmektedir. Bu nedenle birçok vestibüler ve santral bozukluğun ayırt edici tanılmasında VEMP testi önemli tanısal bilgiler sağlar.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept - B.Ö.; Design - H.K.; Supervision - B.Ö.; Resources - H.K.; Data Collection and/or Processing - H.K., A.A.; Analysis and/or Interpretation - H.K., A.A.; Literature Search - H.K., A.A.; Writing Manuscript - H.K.; A.A.

Conflict of Interest: No conflict of interest.

Financial Disclosure: None.

Hakem Değerlendirmesi: Dış Bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir - B.Ö.; Tasarım - H.K.; Denetleme - B.Ö.; Kaynaklar - H.K.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi - H.K., A.A.; Analiz ve/veya Yorum - H.K., A.A.; Literatür Taraması - H.K., A.A.; Yazıyı Yazan - H.K., A.A.

Çıkar Çatışması: Yoktur.

Finansal Destek: Finansal destek kullanılmamıştır.

KAYNAKLAR

Akkuzu, G., Akkuzu, B., Ozluoglu, L. N. (2006). Vestibular evoked myogenic potentials in benign paroxysmal positional vertigo and Meniere's disease. *European archives of oto-rhino-laryngology*, 263(6): 510-517.

Allena, M., Magis, D., De Pasqua, V., Schoenen, J. (2007). The vestibulo-colic reflex is abnormal in migraine. *Cephalalgia*, 27: 1150-1155.

Alpini, D., Pugnetti, L., Caputo, D., Cornelio, F., Capobianco, S., Cesarani, A. (2004). Vestibular evoked myogenic potentials in multiple sclerosis: clinical and imaging correlations. *Mult Scler*, 10(3): 316-321.

Amali, A., Mahdi, P., Yazdi, A. K., Ashtiyani, M. T. K., Yazdani, N., Vakili, V., Pourbakht, A. (2014). Saccular function in otosclerosis patients: Bone conducted-vestibular evoked myogenic potential analysis. *Acta Medica Iranica*, 52(2): 111-115.

Angeli, S. I., Goncalves, S. (2019). Cervical VEMP tuning changes by Meniere's disease stages. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, 4(5): 543-549.

Angunssi N., Omi E., Itasaka Y., Ishikawa K. (2010). Vestibular evoked myogenic potential in acoustic neuroma. *Otol Jpn*, 20(5): 735-742.

Baier, B., Stieber, N., Dieterich, M. (2009). Vestibular-evoked myogenic potentials in vestibular migraine. *J Neurol*, 256(9): 1447-14454.

Bi, W. L., Brewster, R., Poe, D., Vernick, D., Lee, D. J., Corrales, C. E., Dunn, I. F. (2017). Superior semicircular canal dehiscence syndrome. *J Neurosurg*, 127(6): 1268-1276.

Boldingh, M. I., Ljostad, U., Mygland, A., Monstad, P. (2011). Vestibular sensitivity in vestibular migraine: VEMPs and motion sickness susceptibility. *Cephalalgia*, 31(11): 1211-1219.

Brantberg, K., Bergenius, J., Mendel, L., Witt, H., Tribukait, A., Ygge, J. (2001). Symptoms, findings and treatment in patients with dehiscence of the superior semicircular canal. *Acta Otolaryngol*, 121: 68-75.

Brantberg, K., Bergenius, J., Tribukait, A. (1999). Vestibular-evoked myogenic potentials in patients with dehiscence of the superior semicircular canal. *Acta Otolaryngol*, 119: 633-640.

Chen, L., Xu, H., Wang, W. Q., Zhang, Q. Q., Lv, Q. Y., Song, X. C. (2016). Evaluation of the otolith function using c/oVEMPs in patients with Ménière's disease. *Journal of Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 45(1): 16-21.

Crnošija, L., Krbot Skorić, M., Gabeliç, T., Adamec, I., Habek, M. (2017). Vestibular evoked myogenic potentials and MRI in early multiple sclerosis: Validation of the VEMP score. *Journal of the Neurological Sciences*, 372: 28-32.

Curthoys, I. S. (2010). A critical review of the neurophysiological evidence underlying clinical vestibular testing using sound, vibration and galvanic stimuli. *Clinical Neurophysiology*, 121(2): 132-144.

Curthoys, I. S., Manzari, L., Smulders, Y. E., Burgess, A. M. (2009). A review of the scientific basis and practical application of a new test of utricular function - Ocular vestibular - Evoked myogenic potentials to bone-conducted vibration. *Acta Otorhinolaryngologica Italica*, 29(4): 179-186.

Day, A. S., Wang, C. Te, Chen, C. N., Young, Y. H. (2008). Correlating the cochleovestibular deficits with tumor size of acoustic neuroma. *Acta Oto-Laryngologica*, 128(7): 756-760.

de Natale, E. R., Ginatempo, F., Paulus, K. S., Manca, A., Mercante, B., Pes, G. M., Agnetti, V., Tolu, E., Deriu, F. (2015). Paired neurophysiological and clinical study of the brainstem at different stages of Parkinson's Disease. *Clinical Neurophysiology*, 126(10): 1871-1878.

Długaczek, J., Habs, M., Dieterich, M. (2020). Vestibular evoked myogenic potentials in vestibular migraine and Meniere's disease: cVEMPs make the difference. *Journal of Neurology*, 267(1): 169-180.

Doaa, E., Kozou, H., Mekky, J., Ghanem, D. (2020). Assessment of cervical and ocular vestibular evoked myogenic potentials in migraine patients. *The Egyptian Journal of Otolaryngology*, 36(19).

Eleftheriadou, A., Deftereos, S. N., Zarikas, V., Panagopoulos, G., Sfetsos, S., Karageorgiou, C. L., Ferekidou, E., Kandiloros, D., Korres, S. (2009). The diagnostic value of earlier and later components of Vestibular Evoked Myogenic Potentials (VEMP) in Multiple Sclerosis. *Journal of Vestibular Research: Equilibrium and Orientation*, 19(1-2): 59-66.

El-Khousht, M.M., Hossni, N.A., El-abd, S.M., El-shenawy, A.M. (2010). Vestibular Evoked Myogenic Potentials (VEMP) in Conductive Hearing Loss. *78(1): 539-541.*

Eryaman, E., Oz, I. D., Ozker, B. Y., Erbek, S., Erbek, S. S. (2012). Evaluation of vestibular evoked myogenic potentials during benign paroxysmal positional vertigo attacks; neuroepithelial degeneration?. *B-ENT*, 8(4): 247-250.

Gabeliç, T., Krbot Skorić, M., Adamec, I., Barun, B., Zadro, I., Habek, M. (2015). The vestibular evoked myogenic potentials (VEMP) score: A promising tool for evaluation of brainstem involvement in multiple sclerosis. *European Journal of Neurology*, 22(2): 261-269.

Gabeliç, T., Krbot, M., Sefer, A.B., Isgum, V., Adamec, I., Habek, M. (2013). Ocular and cervical vestibular evoked myogenic potentials in Multiple Sclerosis. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 30(1): 86-91.

Gazioğlu, S., Boz, C. (2012). Ocular and cervical vestibular evoked myogenic potentials in multiple sclerosis patients. *Clinical Neurophysiology*, 123(9): 1872-1879.

Godha, S., Upadhyay Mundra, A., Mundra, R. K., Bhalot, L., Singh, A. (2020). VEMP: An Objective Test for Diagnosing the Cases of BPPV. *Indian journal of otolaryngology and head and neck surgery : official publication of the Association of Otolaryngologists of India*, 72(2): 251-256.

Govender, S., Dennis, D. L., Colebatch, J. G. (2015). Vestibular evoked myogenic potentials (VEMPs) evoked by air- and bone-conducted stimuli in vestibular neuritis. *Clinical Neurophysiology*, 126(10): 2004-2013.

- Govender, S., Rosengren, S. M., Colebatch, J. G. (2011). Vestibular neuritis has selective effects on air- and bone-conducted cervical and ocular vestibular evoked myogenic potentials. *Clinical Neurophysiology*, 122(6): 1246–1255.
- Guo, P., Sun, W., Shi, S., Zhang, F., Wang, J., Wang, W. (2019). Quantitative evaluation of endolymphatic hydrops with MRI through intravenous gadolinium administration and VEMP in unilateral definite Meniere's disease. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 276(4): 993–1000.
- Han, P., Zhang, R., Chen, Z., Gao, Y., Cheng, Y., Zhang, Q., Xu, M. (2016). Evaluation of ocular and cervical vestibular evoked myogenic potentials in a conductive hearing loss model. *Journal of Otology*, 11(4): 192–197.
- Headache Classification Committee of the International Headache Society (IHS). (2013). The international classification of headache disorders, 3rd edition (beta version). *Cephalalgia*, 33: 629–808.
- Herdman, S. J., Tusa, R. J. (2000). Assessment and treatment of Patients with Benign Paroxysmal Positional Vertigo. Herdman, S. J. (Ed.), *Vestibular Rehabilitation*. (2nd ed., pp.451-475). Philadelphia: FA Davis Company.
- Hillman, T. A., Kertesz, T. R., Hadley, K., Shelton, C. (2006). Reversible peripheral vestibulopathy: the treatment of superior canal dehiscence. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 134: 431–436.
- Ho, M. L., Moonis, G., Halpin, C. F., Curtin, H. D. (2017). Spectrum of third window abnormalities: semicircular canal dehiscence and beyond. *AJNR Am J Neuroradiol*, 38: 2–9.
- Hong, S.M. (2008) Vestibular evoked myogenic potentials in patients with benign paroxysmal positional vertigo involving each semicircular canal. *Am J Otolaryngol*, 29(3): 184–187.
- Hong, S. M., Kim, S. K., Park, C. H., Lee, J. H. (2011) Vestibular-evoked myogenic potentials in migrainous vertigo. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 144(2): 284–287.
- Inoue, A., Egami, N., Fujimoto, C., Kinoshita, M., Yamasoba, T., Iwasaki, S. (2016). Vestibular evoked myogenic potentials in vestibular migraine: do they help differentiating from Menière's disease? *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 125(11): 931–937.
- Itoh, A., Young Soon Kim, Yoshioka, K., Kanaya, M., Enomoto, H., Hiraiwa, F., Mizuno, M. (2001). Clinical study of vestibular-evoked myogenic potentials and auditory brainstem responses in patients with brainstem lesions. *Acta Oto-Laryngologica, Supplement*, 6489(545): 116–119.
- Ivanković, A., Nesek Macrossed D Signarić, V., Starčević, K., Krbot Skorić, M., Gabelić, T., Adamec, I., Habek, M. (2013). Auditory evoked potentials and vestibular evoked myogenic potentials in evaluation of brainstem lesions in multiple sclerosis. *Journal of the Neurological Sciences*, 328(1–2): 24–27.
- Iwasaki, S., Murofushi, T., Chihara, Y., Ushio, M., Suzuki, M., Curthoys, I. S., Yamasoba, T. (2009). Ocular vestibular evoked myogenic potentials to bone-conducted vibration in vestibular schwannomas. *Otol Neurotol*, 31(1): 147–52.
- Janky, K. L., Nguyen, K. D., Zuniga, M. G., Welgampola, M. S., Carey, J. P. (2013). Air-conducted oVEMPs provide the best separation between the intact and dehiscent labyrinths. *Otol Neurotol*, 128–135.
- Jeong, S. H., Kim, H. J., Kim, J. S. (2013). Vestibular neuritis. *Seminars in neurology*, 33(3): 185–194.
- Jerin, C., Berman, A., Krause, E., Ertl-Wagner, B., Gürkov, R. (2014). Ocular vestibular evoked myogenic potential frequency tuning in certain menière's disease. *Hearing Research*, 310: 54–59.
- Kandemir, A., Çelebisoy, N., Köse, T. (2013). Cervical vestibular evoked myogenic potentials in primary headache disorders. *Clin Neurophysiol*, 124(4): 779–784.
- Khalil, L. H., Hazzaa, N. M., Nour, A. A. (2016). Vestibular migraine: A correlation study between clinical findings and vestibular evoked myogenic potentials (VEMPs). *EJENTAS*, 17: 11–16.
- Kim, E. J., Oh, S. Y., Kim, J. S., Yang, T. H., Yang, S. Y. (2015). Persistent otolith dysfunction even after successful repositioning in benign paroxysmal positional vertigo. *Journal of the neurological sciences*, 358(1-2): 287–293.
- Kim, J. S., Kim, H. J. (2012). Inferior vestibular neuritis. *Journal of Neurology*, 259(8): 1553–1560.
- Kim, M. B., Choi, J., Park, G. Y., Cho, Y. S., Hong, S. H., Chung, W. H. (2013). Clinical value of vestibular evoked myogenic potential in assessing the stage and predicting the hearing results in menière's disease. *Clinical and Experimental Otorhinolaryngology*, 6(2): 57–62.
- Kingma, C. M., Wit, H. P. (2011). Asymmetric vestibular evoked myogenic potentials in unilateral Menière patients. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 268(1): 57–61. <https://doi.org/10.1007/s00405-010-1345-5>
- Kores, S., Gkoritsa, E., Giannakakou-Razelou, D., Yiotakis, I., Riga, M., & Nikolopoulos, T. P. (2011). Vestibular evoked myogenic potentials in patients with BPPV. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 17(1): 42–47.
- Lee, J. D., Park, M. K., Lee, B. D., Lee, T. K., Sung, K.-B., Park, J. Y. (2013). Abnormality of cervical vestibular-evoked myogenic potentials and ocular vestibular-evoked myogenic potentials in patients with recurrent benign paroxysmal positional vertigo. *Acta Oto-Laryngologica*, 133(2): 150–153.
- Lee, J. S., Lee, S. K., Shin, I. H., Yeo, S. G., Park, M. S., Byun, J. Y. (2014). Vestibular evoked myogenic potential according to middle ear condition in chronic otitis media with tympanic membrane perforation. *Acta Oto-Laryngologica*, 134(1): 34–40.
- Lempert, T., Olesen, J., Furman, J., Waterston, J., Seemungal, B., Carey, J., Bissdorff, A., Versino, M., Evers, S., Newman-Toker, D. (2012). Vestibular migraine: diagnostic criteria. *J Vestib Res*, 22: 167–172.
- Lin, K. Y., Young, Y. H. (2015). Role of ocular VEMP test in assessing the occurrence of vertigo in otosclerosis patients. *Clinical Neurophysiology*, 126(1): 187–193.
- Lopez-Escamez, J. A., Carey, J., Chung, W. H., Goebel, J. A., Magnusson, M., Mandalà, M., Newman-Toker, D. E., Strupp, M., Suzuki, M., Trabalzini, F., Bisdorff, A. (2015). Diagnostic criteria for Menière's disease. *Journal of Vestibular Research: Equilibrium and Orientation*, 25(1): 1–7.
- Makowicz, K. F., Piker, E. G., Jacobson, G. P., Ramadan, N. M., Roberts, R. A. (2018). Ocular and cervical vestibular evoked myogenic potentials in patients with vestibular migraine. *Otol Neurotol*, 39(7): 561–567.
- Maxwell, R., Jerin, C., Gürkov, R. (2017). Utilisation of multi-frequency VEMPs improves diagnostic accuracy for Meniere's disease. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 274(1): 85–93.
- Minor, L. B. (2005). Clinical manifestations of superior semicircular canal dehiscence. *Laryngoscope*, 115(10): 1717–1727.
- Minor, L. B., Solomon, D., Zinreich, J. S., Zee, D. S (1998). Sound-and/or pressure-induced vertigo due to bone dehiscence of the superior semicircular canal. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 124: 249–258.
- Murofushi, T. (2014). Vestibular evoked myogenic potential. *World J Otorhinolaryngol*, 4(2): 6–11.
- Murofushi, T., Matsuzaki, M., Mizuno, M. (1998). Vestibular evoked myogenic potentials in patients with acoustic neuromas. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 124: 509–512.
- Murofushi, T., Ozeki, H., Inoue, A., Sakata, A. (2009). Does migraine-associated vertigo share a common pathophysiology with Meniere's disease? Study with vestibular-evoked myogenic potential. *Cephalalgia*, 29(12): 1259–1266.
- Murofushi, T., Shimizu, K., Takegoshi, H., Cheng, P. W. (2001). Diagnostic value of prolonged latencies in the vestibular evoked myogenic potential. *Archives of Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 127(9): 1069–1072.
- Neuhauser, H. K. (2007). Epidemiology of vertigo. *Curr Opin Neurol*, 20(1): 40–46.
- Nola, G., Guastini, L., Crippa, B., Deiana, M., Mora, R., Ralli, G. (2011). Vestibular evoked myogenic potential in vestibular neuritis. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 268(11): 1671–1677.
- Oh, S.Y., Kim, H.J., Kim, J.S. (2016). Vestibular-evoked myogenic potentials in central vestibular disorders. *Journal of Neurology*, 263(2): 210–220.
- Oh, S-Y., Kim, D-H., Yang, T-H., Shin, B-S., Jeong, S-K. (2015). Clinical classification and neurovestibular evaluation in chronic dizziness. *Clin Neurophysiol*, 126: 180–186.
- Okumura, T., Imai, T., Takimoto, Y., Takeda, N., Kitahara, T., Uno, A., Kamakura, T., Osaki, Y., Watanabe, Y., Inohara, H. (2017). Assessment of endolymphatic hydrops and otolith function in patients with Menière's disease. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 274(3): 1413–1421.
- Oya, R., Imai, T., Takenaka, Y., Sato, T., Oshima, K., Ohta, Y., & Inohara, H. (2019). Clinical significance of cervical and ocular vestibular evoked myogenic potentials in benign paroxysmal positional vertigo: a meta-analysis. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 276(12): 3257–3265.
- Pascual, P.M., Merino, P.A. (2019). Otolithic damage study in patients with benign paroxysmal positional vertigo with vestibular evoked myogenic potentials. *Acta Otorrinolaringol Esp*, 70(3): 131–135.
- Patko, T., Vidal, P. P., Vibert, N., Tran Ba Huy, P. & De Waele, C. (2003). Vestibular evoked myogenic potentials in patients suffering from an unilateral acoustic neuroma: A study of 170 patients. *Clinical Neurophysiology*, 114(7): 1344–1350.
- Piker, E.G., Jacobson, G.P., Burkard, R.F., McCaslin, D.L. Hood, L.J. (2013). Effects of Age on the Tuning of the cVEMP and oVEMP. *Ear Hear*, 34(6): 1–20.
- Piras, G., Brandolini, C., Castellucci, A. & Modugno, G. C. (2013). Ocular vestibular evoked myogenic potentials in patients with acoustic neuroma. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 270(2): 497–504.
- Potter-Nerger, M., Govendor, S., Deuschi, G., Volkmann, J., Colebatch, J.G. (2015). Selective changes of ocular vestibular myogenic potentials in Parkinson's disease. *Move Disord*, 30(4): 584–589.
- Rahne, T., Plöbl, S., Plontke, S. K., Strauss, C. (2018). Preoperative determination of nerve of origin in patients with vestibular schwannoma. *HNO*, 66: 16–21.
- Rauch, S.D., Zhou, G., Kujawa, S. G., Guinan, J.J., Herrmann, B.S. (2004). Vestibular evoked myogenic potentials show altered tuning in patients with Menière's disease. *Otology and Neurotology*, 25(3): 333–338.
- Rizk, H.G., Liu, Y.F., Strange, C.C., Van Ausdal, C.H., English, R.C., McRackan, T. R., Meyer, T. A. (2020). Predictive Value of Vestibular Evoked Myogenic Potentials in the Diagnosis of Menière's Disease and Vestibular Migraine. *Otology & Neurotology*, 41(6): 828–835.

- Roceanu, A., Allena, M., De Pasqua, V., Bissdorf, A., Schoenen, J. (2008). Abnormalities of the vestibulo-collic reflex are similar in migraineurs with and without vertigo. *Cephalalgia*, 28(9):988-990.
- Rosengren, S. M., Welgampola, M. S., Colebatch, J. G. (2010). Vestibular evoked myogenic potentials: Past, present and future. *Clinical Neurophysiology*, 121(5): 636-651.
- Rosengren, S.M., Colebatch, J. G. (2011). Ocular vestibular evoked myogenic potentials are abnormal in internuclear ophthalmoplegia. *Clinical Neurophysiology*, 122(6):1264-1267.
- Rosowski, J. J., Songer, J. E., Nakajima, H. H., Brinsko, K. M., Merchant, S. N. (2004). Clinical, experimental, and theoretical investigations of the effect of superior semicircular canal dehiscence on hearing mechanisms. *Otol Neurotol*, 25: 323-332.
- Saka, N., Seo, T., Fujimori, K., Mishiro, Y., Sakagami, M. (2012). Vestibular-evoked myogenic potential in response to bone-conducted sound in patients with otosclerosis. *Acta Oto-Laryngologica*, 132(11): 1155-1159.
- Sandhu, J.S., Low, R., Rea, P.A., Saunders, N.C. (2012). Altered frequency dynamics of cervical and ocular vestibular evoked myogenic potentials in patients with meniere's disease. *Otology and Neurotology*, 33(3): 444-449.
- Semmanaselvan, K., Vignesh, S. S., Muthukumar, R., Jaya, V. (2019). Vestibular evoked myogenic potentials after epleys manoeuvre among individuals with benign paroxysmal positional vertigo. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*, 71(2): 195-200.
- Shin, B.S., Oh, S.Y., Kim, J. S., Kim, T.W., Seo, M. W., Lee, H., Park, Y.A. (2012). Cervical and ocular vestibular-evoked myogenic potentials in acute vestibular neuritis. *Clinical Neurophysiology*, 123(2): 369-375.
- Singh, N. K., Barman, A. (2015). Efficacy of ocular vestibular-evoked myogenic potential in identifying posterior semicircular canal benign paroxysmal positional vertigo. *Ear Hear*, 36(2): 261-268.
- Singh, N., Apeksha, K. (2016). Efficacy of cervical and ocular vestibular-evoked myogenic potentials in evaluation of benign paroxysmal positional vertigo of posterior semicircular canal. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 273(9): 2523-2532.
- Slattery, W.H., Brackmann, D.E., Hitselberger, W. (1998). Hearing preservation in neurofibromatosis type 2. *Am J Otol*, 19: 638-643.
- Streubel, S. O., Cremer, P. D., Carey, J. P., Weg, N., Minor, L. B. (2001). Vestibular-evoked myogenic potentials in the diagnosis of superior canal dehiscence syndrome. *Acta Otolaryngol Suppl*, 545: 41-49.
- Suzuki, M., Yamada, C., Inoue, R. (2008). 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: 1029-1033.
- Talaat, H. S., Talaat, A. S. (2014). Bithermal caloric test results and vestibular evoked myogenic potentials in patients with vestibular migraine. *Hearing Balance Commun*, 12(2):78-83.
- Taylor, R. L., Kong, J., Flanagan, S., Pogson, J., Croxson, G., Pohl, D. (2015). Prevalence of vestibular dysfunction in patients with vestibular schwannoma using video head-impulses and vestibular-evoked potentials. *J Neurol*, 262:1228-37.
- Taylor, R. L., Zagami, A. S., Gibson, W. P., Black, D. A., Watson, S. RD., Halmagyi, M. G., Welgampola M. S. (2012). Vestibular evoked myogenic potentials to sound and vibration: characteristics in vestibular migraine that enable separation from Meniere's disease. *Cephalalgia*, 32(3):213-225.
- Taylor, R. L., Wijewardene, A. A., Gibson, W.P.R., Black, D.A., Halmagyi, G.M., Welgampola, M. S. (2011). The vestibular evoked-potential profile of Ménière's disease. *Clinical Neurophysiology*, 122(6): 1256-1263.
- Tramontani, O., Gkoritsa, E., Ferekidis, E., Korres, S.G. (2014). Contribution of Vestibular-Evoked Myogenic Potential (VEMP) testing in the assessment and the differential diagnosis of otosclerosis. *Medical Science Monitor*, 20: 205-213.
- Tran, E. D., Swanson, A., Sharon, J. D., Vaisbuch, Y., Blevins, N. H., Fitzgerald, M. B., Steenerson, K. K. (2020). Ocular Vestibular-Evoked Myogenic Potential Amplitudes Elicited at 4 kHz Optimize Detection of Superior Semicircular Canal Dehiscence. *Frontiers in Neurology*, 11:879.
- Ushio, M., Matsuzaki, M., Takegoshi, H., Murofushi, T. (2001). Click and short tone burst-evoked myogenic potentials in cerebellopontine angle tumors. *Acta Otolaryngol Suppl*, 545:133-135.
- Ushio, M., Iwasaki, S., Murofushi, T., Sugawara, K., Chihara, Y., Fujimoto, C., Nakamura, M., Yamaguchi, T., Yamasoba, T. (2009). The diagnostic value of vestibular-evoked myogenic potential in patients with vestibular schwannoma. *Clinical Neurophysiology*, 120(6): 1149-1153.
- Vassiliou, A., Vlastarakos, P. V., Maragoudakis, P., Candiloros, D., Nikolopoulos, T. P. (2011). Meniere's disease: Still a mystery disease with difficult differential diagnosis. *Ann Indian Acad Neurol*, 14(1): 12-18.
- Venhovens, J., Meulstee, J., Verhagen, W. I. M. (2016). Vestibular evoked myogenic potentials (VEMPs) in central neurological disorders. *Clinical Neurophysiology*, 127(1): 40-49.
- Viciana, D., Lopez-Escamez, J. A. (2010). Vestibular evoked myogenic potentials and health-related quality of life in patients with vestibular neuritis. *Otology and Neurotology*, 31(6): 954-958.
- Walther, L. E., Blödw, A. (2013). Ocular vestibular evoked myogenic potential to air conducted sound stimulation and video head impulse test in acute vestibular neuritis. *Otology and Neurotology*, 34(6): 1084-1089.
- Wang, C.P., Hsu, W.C., Young, Y.H. (2005). Vestibular-evoked myogenic potentials in neurofibromatosis 2. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 114:69-73.
- Wang, M. C., Liu, C. Y., Yu, E. C. H., Wu, H. J., Lee, G. S. (2009). Vestibular evoked myogenic potentials in chronic otitis media before and after surgery. *Acta Oto-Laryngologica*, 129(11): 1206-1211.
- Wang, S. J., Weng, W. J., Jaw, F. S., Young, Y. H. (2010). Ocular and cervical vestibular-evoked myogenic potentials: A study to determine whether air- or bone-conducted stimuli are optimal. *Ear and Hearing*, 31(2): 283-288.
- Ward, B. K., Carey, J. P., Minor, L. B. (2017). Superior canal dehiscence syndrome: lessons from the first 20 years. *Front Neurol*. 8:177.
- Watson, S. R., Halmagyi, G. M., Colebatch, J. G. (2000). Vestibular hypersensitivity to sound (Tullio phenomenon): structural and functional assessment. *Neurology*, 54:722-728.
- Winters, S. M., Berg, I.T.B., Grolman, W., Klis, S. F. L. (2011a). Ocular vestibular evoked myogenic potentials: Frequency tuning to air-conducted acoustic stimuli in healthy subjects and Ménière's disease. *Audiology and Neurotology*, 17(1): 12-19.
- Winters, S. M., Campschroer, T., Grolman, W., Klis, S. F. L. (2011b). Ocular vestibular evoked myogenic potentials in response to air-conducted sound in ménière's disease. *Otology and Neurotology*, 32(8): 1273-1280.
- Xu, H., Liang, F. Y., Chen, L., Song, X. C., Tong, M. C., Thong, J. F., Zhang, Q. Q., Sun, Y. (2016). Evaluation of the utricular and saccular function using oVEMPs and cVEMPs in BPPV patients. *Journal of otology- head & neck surgery=Le Journal d'oto-rhino-laryngologie et de chirurgie cervico-faciale*, 45: 12.
- Yang, T.L., Young, Y.H. (2003). Comparison of tone burst and tapping evocation of myogenic potentials in patients with chronic otitis media. *Ear and Hearing*, 24(3): 191-194.
- Yang, T.L., Young, Y.H. (2007). Vestibular-evoked myogenic potentials in patients with otosclerosis using air- and bone-conducted tone-burst stimulation. *Otology and Neurotology*, 28(1): 1-6.
- Yang, W. S., Kim, S. H., Lee, J. D., Lee, W. S. (2008). Clinical significance of vestibular evoked myogenic potentials in benign paroxysmal positional vertigo. *Otology & neurotology: official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 29(8): 1162-1166.
- Yetiser, S., Ince, D., Gul, M. (2014). An Analysis of Vestibular Evoked Myogenic Potentials in Patients With Benign Paroxysmal Positional Vertigo. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 123(10): 686-695.
- Zaleski, A., Bogle, J., Starling, A., Zapala, D. A., Davis, L., Wester, M., Cevette, M. (2015). Vestibular evoked myogenic potentials in patients with vestibular migraine. *Otol Neurotol*, 36(2):295-302.
- Zhang, D., Fan, Z., Han, Y., Yu, G., Wang, H. (2010). Inferior vestibular neuritis: a novel subtype of vestibular neuritis. *J Laryngol Otol*, 124(5): 477-81.
- Zhang, S., Leng, Y., Liu, B., Shi, H., Lu, M., Kong, W. (2015). Diagnostic value of vestibular evoked myogenic potentials in endolymphatic hydrops: A meta-analysis. *Scientific Reports*, 5: 1-10.
- Zhou, G., Gopen, Q., Poe, D. S. (2007). Clinical and diagnostic characterization of canal dehiscence syndrome: a great otologic mimicker. *Otol Neurotol*, 28: 920-926.
- Zuniga, M. G., Janky, K. L., Nguyen, K. D., Welgampola, M. S., Carey, J. P. (2013). Ocular versus cervical VEMPs in the diagnosis of superior semicircular canal dehiscence syndrome. *Otol Neurotol*, 34: 121-126.
- Zuniga, M. G., Janky, K. L., Schubert, M. C., Carey, J. P. (2012). Can vestibular-evoked myogenic potentials help differentiate Meniere disease from vestibular migraine? *Otolaryngol Head Neck Surg*, 146(5): 788-796.