



Sweep Görsel Uyarılmış Potansiyel Testi ile Subjektif Görme Keskinliği Arasındaki Uyumun Değerlendirilmesi

Evaluation of Agreement Between Sweep Visual Evoked Potential Testing and Subjective Visual Acuity

● Osman Ahmet Polat*, ● Hidayet Şener*, ● Zekeriya Çetinkaya**, ● Hatice Arda*

*Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye

**Elbistan Devlet Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Kahramanmaraş, Türkiye

Öz

Amaç: Bu çalışmanın birincil amacı, sweep görsel uyarılmış potansiyel (sweep visual evoked potential, sVEP) yöntemi ile elde edilen görme keskinliğinin (GK) Snellen eşeli ile elde edilen GK ile uyumunu değerlendirmektir. İkincil amaç, yaş ve cinsiyetin uyum üzerindeki etkisini incelemektir.

Gereç ve Yöntem: Olguların en iyi düzeltilmiş GK'leri Snellen eşeli ile kaydedildi ve Uluslararası Görsel Elektrofizyoloji Derneği'nin (International Society for Clinical Electrophysiology of Vision-ISCEV) önerilerine göre sVEP testi yapıldı. Snellen GK'leri ve sVEP ölçümleri, istatistiksel analiz için logMAR dönüşümü kullanılarak analiz edildi. Uyum, Bland-Altman analizi ile değerlendirildi.

Bulgular: Çalışmaya yaş ortalaması $53,5 \pm 17,3$ yıl (aralık: 19-75 yıl) ve ortalama Snellen VA'sı $0,31 \pm 0,32$ logMAR (aralık: 1,3-0,0 logMAR) olan 49 kişi dahil edildi. Bland-Altman analizinde, GK ve sVEP ölçümleri arasındaki ortalama fark (GK-sVEP) önemli ölçüde farklıydı ve uyum limitleri dışındaydı ($p=0,035$). GK-sVEP ve ortalama GK arasında yapılan regresyon analizinde anlamlı bir orantısız yanlılık ($p=0,0007$) bulundu. Cinsiyet alt gruplarının Bland-Altman analizine göre, kadın deneklerde GK'leri ile sVEP ölçümleri arasında anlamlı farklılık mevcuttu ($p=0,006$). GK ile sVEP ölçümü arasındaki farkın yaş arttıkça anlamlı olarak arttığı bulundu ($R^2: 0,306$, $p<0,001$, $\beta: 0,05 [0,03, 0,08]$).

Sonuç: Sonuç olarak, sVEP ölçümü ve GK'leri istatistiksel olarak uyummadı. Deneklerin kranial anatomisi ve endokrin farklılıkları sVEP ölçümlerini etkileyebilir. Yöntemler arasındaki fark GK düzeyine göre değişmektedir. GK yerine doğrudan sVEP sonuçlarını kullanmak doğru olmayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Görsel uyarılmış potansiyeller, uzamsal frekans limitleri, Snellen, sweep VEP, patern VEP

Abstract

Objectives: The primary objective of this study was to evaluate the agreement of visual acuity (VA) obtained with the sweep visual evoked potential (sVEP) method with the VA obtained with the Snellen chart. The secondary objective was to examine the effect of age and gender on agreement.

Materials and Methods: Best corrected VAs of subjects were recorded with the Snellen chart, and sVEP testing was performed according to the recommendations of the International Society for Clinical Electrophysiology of Vision (ISCEV). Snellen VAs and sVEP measurements were analyzed using logMAR conversion for statistical analysis. Agreement was evaluated with Bland-Altman analysis.

Results: The study included 49 subjects with a mean age of 53.5 ± 17.3 years (range: 19-75 years) and mean Snellen VA of 0.31 ± 0.32 logMAR (range: 1.3-0.0 logMAR). In the Bland-Altman analysis, the mean differences between the VA and sVEP measurements (VA-sVEP) were significantly different and outside the limits of agreement ($p=0.035$). A significant proportional bias ($p=0.0007$) was found in the regression analysis performed between VA-sVEP and the mean VA. According to the Bland-Altman analysis of sex subgroups, there was a significant difference between VA and sVEP measurements in female subjects ($p=0.006$). The difference between VA and sVEP measurement increased significantly with older age ($R^2: 0.306$, $p<0.001$, $\beta: 0.05 [0.03, 0.08]$).

Conclusion: In conclusion, sVEP measurements and VAs did not show statistical agreement. Cranial anatomy and endocrine differences of the subjects may affect their sVEP measurements. The difference between the methods varies according to VA level. Directly using sVEP results instead of VA would not be appropriate.

Keywords: Visual evoked potentials, spatial frequency limits, Snellen, sweep VEP, pattern VEP

Giriş

Görme keskinliği (GK) en sık ölçülen görme fonksiyonudur ve rutin oftalmoloji kliniğinin önemli bir parçasıdır. Psikofiziksel GK, tipik olarak kalibre edilmiş çizelgelerdeki harfleri veya sembollerini adlandırma, işaret etme veya eşleştirme gibi öznel testler kullanılarak ölçülen önemli bir klinik ölçümdür. Ancak, koopere olmayan bireylerde (pediatrik yaş grubu, zihinsel engelli bireyler, yapay bozukluk veya koversiyon bozukluğu) elektrofizyolojik değerlendirme gerekebilir.^{1,2,3,4}

Sweep görsel uyarılmış potansiyel testi (sweep visual evoked potential, sVEP) görme fonksiyonunun değerlendirilmesinde

Cite this article as: Polat OA, Şener H, Çetinkaya Z, Arda H. Evaluation of Agreement Between Sweep Visual Evoked Potential Testing and Subjective Visual Acuity. Turk J Ophthalmol 2023;53:289-293

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Osman Ahmet Polat, Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye
E-posta: osmanahmet@gmail.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0002-3905-4941
Geliş Tarihi/Received: 29.03.2022 Kabul Tarihi/Accepted: 27.01.2023

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2023.37622



kullanılan bir tip VEP ölçümüdür. sVEP yönteminde stimülatör, yüksek bir zamansal frekansta değişen ve görsel uyarılmış yanıtı neden olan bir patern uyarıyı üretir. GK ölçümü için paternin boyutu hızla küçültülerek yanıt veren en küçük patern saptanır ve regresyon analizi ile GK belirlenir.^{5,6}

sVEP ölçümleri ile psikofiziksel GK arasındaki uyum ve ilişkiyi değerlendiren bazı çalışmalar iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu gösterirken, diğer çalışmalarda iki yöntemin sonuçları benzer bulunmuştur.^{7,8,9,10} İki yöntem arasındaki uyumsuzluk, VEP'nin fovea ve perifoveadan kaynaklanması ve testin dinamik olması, psikofiziksel GK'nin az sayıda koni hücresi gerektirmesi ve statik bir test olması ile açıklanabilir.^{11,12,13} Buna rağmen, psikofiziksel yöntemin mümkün olmadığı durumlarda sVEP ölçümü GK değerlendirmesi için mevcut olan tek güvenli yöntem olabilir. Bu çalışmada temel amacımız sVEP ile ölçülen GK ile Snellen eşeli ile elde edilen psikofiziksel GK arasındaki uyumu değerlendirmektir. İkincil amacımız yaş ve cinsiyetin uyum üzerindeki etkisini incelemektir.

Gereç ve Yöntem

Çalışmada hastalar ile gerçekleştirilen tüm işlemler, 1964 Helsinki Deklarasyonu'nun etik standartları ve sonraki güncellemeleri veya benzer etik standartlara uygun olarak yapıldı. Çalışma için Erciyes Üniversitesi Yerel Etik Kurulu'ndan onay alındı (karar no: 2020/622, tarih: 16.12.2020). Çalışmaya dahil edilen tüm katılımcılardan bilgilendirilmiş onam alındı.

En iyi düzeltilmiş GK değerleri Snellen eşeli kullanılarak altı metre mesafeden kaydedildi (ACP-700 auto chart projector, Unicos Co., Güney Kore). Tüm olgulara rutin ön ve arka segment muayenesi yapıldı.

Çalışmaya Snellen eşeline göre farklı görme düzeylerine (0,05 ile 1,0 ondalık arasında) sahip 49 birey dahil edildi. Bireylerin her iki gözüne ait veriler kaydedildi. Her bireyin hangi gözünün analiz edileceği www.randomizer.org web sitesi kullanılarak rastgele belirlendi.

Sweep VEP (Metrovision HVM - MonPackOne, Fransa) kayıtları, Uluslararası Görsel Elektrofizyoloji Derneği'nin (International Society for Clinical Electrophysiology of Vision - ISCEV) VEP spasyal frekans sınırı için önerilerine bağlı kalınarak gerçekleştirildi.^{1,14} GK, paternin boyutu hızla küçültülerek ölçüldü. Yirmi farklı desen boyutu (1,5-30 döngü/derece [cpd]), her taramada 11 saniye içinde art arda gösterildi. Kayıt parametreleri stimülasyon frekansı 12 Hz, analiz penceresi 1,3 s ve dama tahtası deseni uyarı olarak belirlendi. Ganzfeld arka plan ortalama parlaklığı yaklaşık 50 cd/m² ve spasyal çözünürlük 1024 x 768 idi. Kaydedilen sinyaller üzerinde bağımsız bir Fourier dönüşümü yapıldı. Kayıt yapılırken kişilerden ekranın ortasındaki kırmızı fiksasyon noktasına bakmaları istendi. Aktif elektrot oksipital orta hatta (Oz), referans elektrot frontal orta hatta (Fz) ve nötral elektrot altına yerleştirildi. Diğer göz, bir göz bandıyla kapatıldı. Gerekli refraksiyon düzeltmesi yapıldı ve pupil dilate edilmedi. Cihaz yazılımı, bir yanıt üreten en küçük desen boyutuna bakarak GK'yi otomatik olarak ölçtü.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz için psikofiziksel GK ve sVEP ölçüm sonuçları ondalık değerlerden logMAR'a çevrildi. Metin, tablo ve grafiklerdeki tüm GK sonuçları logMAR olarak verildi. İstatistiksel analizler MedCalc sürüm 20 ve SPSS sürüm 22 kullanılarak gerçekleştirildi. Tanımlayıcı istatistikler hesaplandı ve psikofiziksel GK ile sVEP ölçümleri arasındaki uyum Bland-Altman analizi ile değerlendirildi. Dağılımın normal olup olmamasına göre parametrik (eşleştirilmiş örneklem t-testi, bağımsız örneklem t-testi) ve non-parametrik (Wilcoxon işaretli sıra testi, Mann-Whitney U) testler ile Pearson veya Spearman korelasyon analizi yapıldı. Yaş ile psikofiziksel GK ve sVEP ölçümü arasındaki fark lineer regresyon analizi ile değerlendirildi.

Bulgular

Çalışmaya dahil edilen ve yaşları 19 ile 75 arasında değişen (53,5±17,3 yıl) bireylerin 14'ü (%28,6) erkek ve 35'i (%71,4) kadındı. Hastalar görme bozuklukları ve etiyolojiler (örneğin; yaşa bağlı maküla dejenerasyonu, diyabetik retinopati, maküla deliği, glokom) açısından heterojendi. Hasta sayısı yeterli olmadığı için alt grup analizi yapılmadı. Ortalama en iyi düzeltilmiş psikofiziksel GK 0,31±0,32 logMAR (aralık: 1,3-0,0 logMAR) idi. sVEP ölçümlerinin ortalaması 0,26±0,28 (aralık: 1,3-0,05 logMAR) idi. Ortalama psikofiziksel logMAR GK ve sVEP arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı (p=0,030). Ancak bireylerin psikofiziksel logMAR GK ile sVEP ölçümleri arasında güçlü bir korelasyon olduğu bulundu (r=0,815, p<0,001). Psikofiziksel logMAR GK ve sVEP ölçümleri cinsiyet alt grupları için de karşılaştırılmış ve sonuçlar [Tablo 1](#)'de sunulmaktadır.

Erkek ve kadınlar arasında sağ ve sol göz oranları açısından anlamlı fark yoktu. Kadınlarda sVEP ölçümleri erkeklerden anlamlı düzeyde daha yüksek olmasına rağmen, erkek ve kadınlar arasında psikofiziksel logMAR GK'de anlamlı bir fark yoktu. Kadın ve erkek alt grupları arasındaki karşılaştırmalar [Tablo 2](#)'de verilmiştir.

Bland-Altman analizinde psikofiziksel logMAR GK ve sVEP ölçüm (GK-sVEP) ortalamaları arasındaki fark anlamlı ve uyum sınırlarının dışındaydı (p=0,035). GK-sVEP ile ortalama psikofiziksel GK (logMAR) arasında yapılan regresyon analizinde anlamlı oransal yanlılık (p=0,0007) saptandı. Sabit yanlılık tespit edilmedi. sVEP için regresyon denklemi 0,24 [0,10, 0,38] Snellen - 0,02 [-0,08, 0,03] idi. Kadın alt grubu

Tablo 1. Psikofiziksel görme keskinliği ve sVEP ölçümlerinin karşılaştırılması

	Psikofiziksel görme keskinliği	sVEP ölçümü	p
Tüm gruptan rastgele seçilen gözler	0,31±0,32	0,26±0,38	0,030*
Erkek	0,41±0,37	0,40±0,31	0,767
Kadın	0,28±0,30	0,20±0,25	0,003*

Değerler logMAR, ortalama ± standart sapma olarak verildi. *İstatistiksel olarak anlamlı p değeri (<0,05, Wilcoxon testi), sVEP: Sweep görsel uyarılmış potansiyeller

için anlamlı oransal yanlılık mevcuttu ($p=0,0015$). Bland-Altman grafikleri ve tablosu [Şekil 1](#) ve [Tablo 3](#)'te sunulmuştur. Regresyon analizinde yaş ile GK-sVEP arasında korelasyon olduğu bulunmuş ($R^2: 0,306$, $p<0,001$, $\beta: 0,05$ [0,03, 0,08]) ve [Şekil 2](#)'de gösterilmiştir.

Tartışma

Çalışmamızda psikofiziksel GK (logMAR) ve sVEP (logMAR) ölçümlerinin istatistiksel olarak uyumlu olmadığı görülmüştür. Yöntemler arasındaki fark (GK-sVEP) GK düzeyine göre değişim gösterdi. Düşük görme düzeylerinde sVEP ölçümleri psikofiziksel logMAR GK'den daha yüksekti. Ayrıca GK-sVEP'nin yaş ile orta derecede ilişkili olduğu izlendi. Son olarak, iki yöntemin uyumu kadınlarda düşüktü.

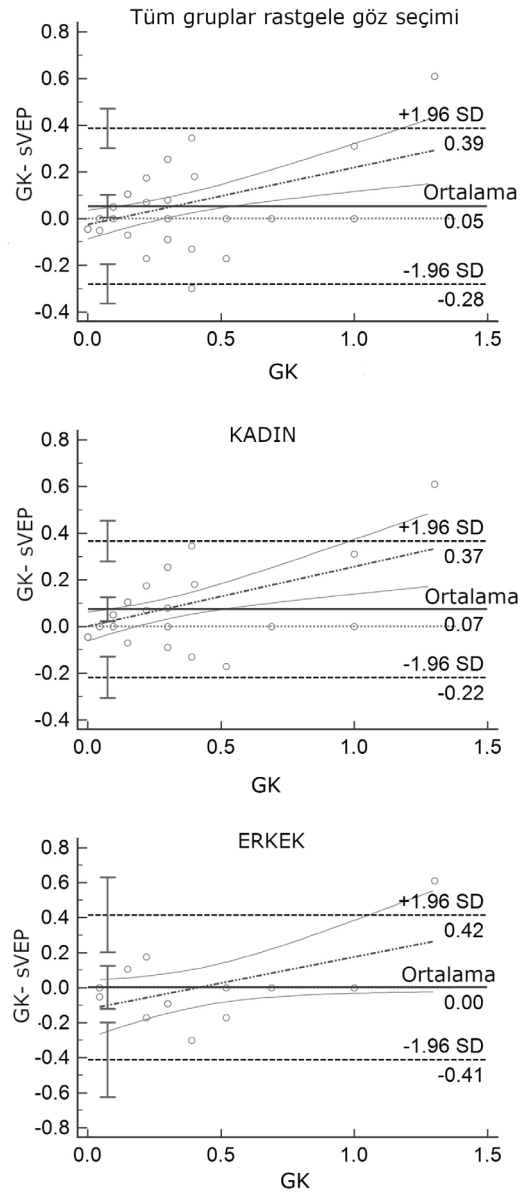
Psikofiziksel GK ve sVEP ölçümü arasındaki uyum, görme bozukluğunun tipi (örneğin; kornea, retina ve optik sinir patolojileri, katarakt), farklı optotip (örneğin; E eşeli, Landot C eşeli ve Snellen eşeli) ve uyarıların (örneğin; dama tahtası ve sinüzoidal) kullanılması, sinyal ve gürültüyü birbirinden ayırmak için farklı tekniklerin kullanılması, yaş ve diğer bireysel ve teknik faktörler gibi üzere birçok etkene bağlıdır.^{4,7} Etiyolojik olarak heterojen gruplarla yapılan çalışmalarda da çalışmamızla uyumlu olarak sVEP ölçümünün düşük görme düzeylerinde psikofiziksel GK'den yüksek olduğu gösterilmiştir.⁴ Psikofiziksel GK'nin farklı uyarılar kullanılarak değerlendirildiği bir çalışmada psikofiziksel GK'nin sVEP ölçümüne göre daha iyi olduğu ancak bizim çalışmamızın aksine yöntemler arasında az gören bireylerde uyum varken iyi gören bireylerde uyumsuzluk olduğu bildirilmiştir.¹⁵ Takipler ve seanslar arası psikofiziksel GK ve sVEP ölçümü tekrarlanabilirliği bir çalışmada değerlendirilmiş ve sınıf içi korelasyon katsayısı psikofiziksel GK için 0,88 ve sVEP için 0,71 bulunmuştur. Bu, sVEP'te tekrarlanabilirliğin psikofiziksel GK'den biraz daha kötü olduğunu göstermektedir.¹⁶ Bu sonuçlar, yöntemler arasındaki uyumun görme bozukluğunun türüne, zamansal ve metodolojik faktörlere bağlı olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda, yaş ile GK-sVEP arasında bir ilişki olduğunu saptadık. sVEP ölçümleri 40 yaşından önce psikofiziksel GK'den daha düşüktü, ancak 40 yaşından sonra daha yüksek bulundu. Bu durumu çalışma grubumuzda 40 yaş ve üzeri düşük GK düzeyine sahip kişilerin kümelenmesiyle açıklayabiliriz ([Şekil 2](#)). Literatür incelendiğinde yaşa bağlı spasyal frekansta ve senil miyozise bağlı retina aydınlanmasında azalma beklediğinden tam tersi öngörülmektedir.^{17,18} Cinsiyete dayalı analizde kadınlarda sVEP ölçümünün psikofiziksel GK'den daha yüksek olduğunu saptadık. Bu durum endokrin farklılıklarına bağlı olabilir ve literatürde kadın hastaların VEP amplitüdlerinin daha yüksek ve implisit sürelerinin daha kısa olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur.^{19,20,21} Gebe ve gebe olmayan kadınlarda VEP parametreleri değerlendirildiğinde gebelerde implisit sürenin kısaldığı gözlenmiştir. Bu farklılığın dolaşımdaki seks steroidlerindeki farklılıklardan kaynaklandığı ve bu etkinin cinsiyetler arasındaki farklılığın ana nedeni olabileceği öne sürülmüştür.²² Anatomik kraniyal yapıdaki cinsiyete bağlı varyasyonlar da bunun başka bir nedeni olabilir.^{23,24}

Tablo 2. Cinsiyete göre psikofiziksel görme keskinliği ve sVEP ölçümlerinin karşılaştırılması

Değişkenler	Erkek	Kadın	p
Göz (sağ/sol)	6/8	23/12	0,141
Psikofiziksel GK	0,41±0,37	0,28±0,30	0,200
sVEP ölçümü	0,40±0,31	0,20±0,25	0,028*

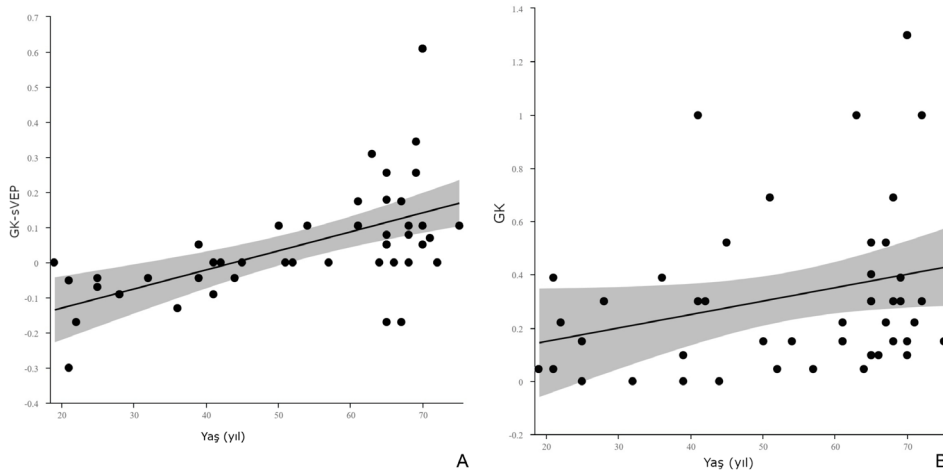
Değerler logMAR, ortalama ± standart sapma olarak verildi. *İstatistiksel olarak anlamlı p değeri (<0,05, Pearson ki-kare ve Mann-Whitney U testleri), GK: Görme keskinliği, sVEP: Sweep görsel uyandırılmış potansiyeller



Şekil 1. Psikofiziksel (Snellen) görme keskinliği (GK) ve sweep görsel uyandırılmış potansiyel (sVEP) değerleri arasındaki uyumu gösteren Bland-Altman grafikleri. Veriler, grafikler için logMAR değerlerine dönüştürüldü. Tüm katılımcılar ve kadınlar için oransal yanlılık vardı. Erkekler için yöntemler arasında uyum mevcuttu

Tablo 3. Psikofiziksel görme keskinliği ile sVEP görme keskinliği arasındaki uyumun analizi

Değişkenler		GK-sVEP [%95 GA]	p (H ₀ : ortalama=0)	Alt sınır [%95 GA]	Üst sınır [%95 GA]
Tüm gruptan rastgele seçilen gözler		0,052 [0,003, 0,100]	0,035*	-0,280 [-0,364, -0,196]	0,385 [0,301, 0,469]
	Reg. denklemi	sVEP= -0,025 [-0,086, 0,036] + 0,244 [0,108, 0,380] Snellen			
Erkek		0,001 [-0,120, 0,123]	0,981	-0,412 [-0,626, -0,199]	0,415 [0,201, 0,629]
Kadın		0,072 [0,021, 0,124]	0,006*	-0,219 [-0,307, -0,130]	0,365 [0,276, 0,453]
	Reg. denklemi	sVEP= -0,001 [-0,060, 0,062] + 0,255 [0,104, 0,406] Snellen			
Değerler logMAR olarak ifade edilmiştir. *İstatistiksel olarak anlamlı p değeri (<0,05 Bland-Altman testi sonuçları), istatistiksel anlamlı güven aralıkları (p değeri<0,05) koyu renkle göstermiştir, psikofiziksel görme keskinliği ile sweep görsel uyarılmış potansiyel ölçümleri arasındaki fark. GA: Güven aralığı, Reg.: Regresyon					



Şekil 2. Snellen görme keskinliği (GK) ile sweep görsel uyarlınmış potansiyel değerleri arasında fark (GK-sVEP) ile yaş (A) ve GK ile yaş (B) arasındaki ilişkiyi gösteren saçılım grafikleri. İki yöntem arasındaki fark yaşla birlikte artmış ve A grafiğindeki güven aralığının dışında yer almıştır. GK düşük olan bireyler B grafiğinde daha ileri yaş grubunda kümelenmiştir

VEP, elektroensefalografik (EEG) aktiviteden türetilen ve oksipital bölgedeki görme korteksinden kaydedilen elektrofizyolojik sinyallerdir. Kafatası kalınlığı EEG yanıtlarını etkileyen faktörlerden biri olarak bildirilmiştir.²⁵ İnsan beyninde nöral ağların boyutu, konumu ve spasyal düzenlemesi bireyler arasında farklılık gösterebilir.²⁶ Görme korteksinde de bireysel varyasyonlar görülebilir. Ayrıca dominant gözlerde dominant olmayan gözlere göre VEP amplitüdünün daha yüksek ve latansın daha kısa olduğu gösterilmiştir.^{27,28} Dikkate alınması gereken bir diğer faktör de binoküler rekabettir.²⁹ Monoküler olarak kaydedilen VEP'de amplitüd dalgalanmalarının nedeninin rekabet olduğu ileri sürülmüştür.^{30,31} Her iki gözün senkronize olmadığı ve VEP yanıtlarında dalgalanmalar olduğu bildirilmiştir.³² Psikofiziksel GK testi aynı zamanda bilişsel işlevi de değerlendirir. Ancak, sVEP bilişsel fonksiyonları değil, hücrel elektriksel aktiviteyi değerlendirmektedir. Ayrıca sVEP dinamik bir testtir, Snellen gibi sabit bir hedef olmadığı için görünürlüğü daha yüksektir.¹³ Bunlar bireyler arasında farklılık gösterebilir ve sonuçta iki yöntem arasındaki farklılıkların kaynağı olabilir.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Çalışmamızda bazı kısıtlılıklar olabilir. Çalışmaya dahil edilen bireylerin yaş ortalaması nispeten yüksekti, bu nedenle sonuçlarımız genç hastalarda ölçümler arasındaki uyum hakkında bilgi vermeyebilir. Diğer bir kısıtlılık ise her iki cinsiyet için her yaş aralığında ve her görme düzeyindeki bireylerin dahil edilememesi olmuştur. Hastaların az görme etiyolojisine ait bilgiler sunulmadı ve analiz edilemedi. Son olarak, ondalık GK'yi logMAR'a dönüştürdük; görmeyi doğrudan logMAR olarak ölçmedik.

Sonuç

Sonuç olarak, sVEP ölçümü ve psikofiziksel GK istatistiksel olarak uyumlu değildi. Cinsiyete göre değerlendirildiğinde kadınlar için psikofiziksel GK ve sVEP ölçümleri istatistiksel olarak uyumlu değildi. Kranial anatomi ve endokrin sistem farklılıkları sVEP sonuçlarını etkileyebilir. Ölçümler arasındaki fark GK düzeyine göre değişmektedir. GK yerine doğrudan sVEP sonuçlarının kullanılması doğru olmayacaktır. Klinik pratikte sVEP ile psikofiziksel GK arasındaki yanlılığın saptanması ve ölçüm değerlerinin düzeltilmesi uygun bir yaklaşım olacaktır.

Etik

Etik Kurul Onayı: Çalışmada insanlar ile gerçekleştirilen tüm işlemler, Erciyes Üniversitesi Yerel Etik Kurulu'nun etik standartları (onay no: 020/622, tarih: 16.12.2020) ve 1964 Helsinki Deklarasyonu ve daha sonra yapılan değişiklikleri veya karşılaştırılabilir etik standartlara uygundur.

Hasta Onayı: Çalışmaya dahil edilen tüm katılımcılardan bilgilendirilmiş onam alındı.

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Konsept: O.A.P., Z.Ç., H.A., **Dizayn:** O.A.P., Z.Ç., H.A., **Veri Toplama veya İşleme:** O.A.P., H.Ş., Z.Ç., **Analiz veya Yorumlama:** O.A.P., H.Ş., Z.Ç., H.A., **Literatür arama:** O.A.P., H.Ş., **Yazan:** O.A.P., H.Ş.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

- Hamilton R, Bach M, Heinrich SP, Hoffmann MB, Odom JV, McCulloch DL, Thompson DA. ISCEV extended protocol for VEP methods of estimation of visual acuity. *Doc Ophthalmol.* 2021;142:17-24.
- Jeon J, Oh S, Kyung S. Assessment of visual disability using visual evoked potentials. *BMC Ophthalmol.* 2012;12:36.
- Almoqbel F, Leat SJ, Irving E. The technique, validity and clinical use of the sweep VEP. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2008;28:393-403.
- Hamilton R, Bach M, Heinrich SP, Hoffmann MB, Odom JV, McCulloch DL, Thompson DA. VEP estimation of visual acuity: a systematic review. *Doc Ophthalmol.* 2021;142:25-74.
- Campbell FW, Maffei L. Electrophysiological evidence for the existence of orientation and size detectors in the human visual system. *J Physiol.* 1970;207:635-652.
- Harter MR, White CT. Evoked cortical responses to checkerboard patterns: effect of check-size as a function of visual acuity. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1970;28:48-54.
- Ridder WH, Waite BS, Melton TF. Comparing infant and PowerDiva sweep visual evoked potential (sVEP) acuity estimates. *Doc Ophthalmol.* 2014;129:105-114.
- Bach M, Maurer JP, Wolf ME. Visual evoked potential-based acuity assessment in normal vision, artificially degraded vision, and in patients. *Br J Ophthalmol.* 2008;92:396-403.
- Chen SA, Wu LZ, Wu DZ. Objective measurement of contrast sensitivity using the steady-state visual evoked potential. *Doc Ophthalmol.* 1990;75:145-153.
- Allen D, Norcia AM, Tyler CW. Comparative study of electrophysiological and psychophysical measurement of the contrast sensitivity function in humans. *Am J Optom Physiol Opt.* 1986;63:442-449.
- Williams DR. Aliasing in human foveal vision. *Vision Res.* 1985;25:195-205.
- Armington JC. The electroretinogram, the visual evoked potential, and the area-luminance relation. *Vision Res.* 1968;8:263-276.
- Campbell FW, Maffei L. The influence of spatial frequency and contrast on the perception of moving patterns. *Vision Res.* 1981;21:713-721.
- Odom JV, Bach M, Brigell M, Holder GE, McCulloch DL, Mizota A, Tormene AP; International Society for Clinical Electrophysiology of Vision. ISCEV standard for clinical visual evoked potentials: (2016 update). *Doc Ophthalmol.* 2016;133:1-9.
- Ridder WH. A comparison of contrast sensitivity and sweep visual evoked potential (sVEP) acuity estimates in normal humans. *Doc Ophthalmol.* 2019;139:207-219.
- Ridder WH, Tong A, Floresca T. Reliability of acuities determined with the sweep visual evoked potential (sVEP). *Doc Ophthalmol.* 2012;124:99-107.
- Sokol S, Moskowitz A, Towle V. Age-related changes in the latency of the visual evoked potential: influences of check size. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1981;51:559-562.
- Wright CE, Williams DE, Drasdo N, Harding GE. The influence of age on the electroretinogram and visual evoked potential. *Doc Ophthalmol.* 1985;59:365-384.
- Sharma R, Joshi S, Singh KD, Kumar A. Visual Evoked Potentials: Normative Values and Gender Differences. *J Clin Diagn Res.* 2015;9:12-15.
- Steffensen SC, Ohan AJ, Shipp DN, Hales K, Stobbs SH, Fleming DE. Gender-selective effects of the P300 and N400 components of the visual evoked potential. *Vision Res.* 2008;48:917-925.
- Ekayanti MS, Mahama CN, Ngantung DJ. Normative values of visual evoked potential in adults. *Indian J Ophthalmol.* 2021;69:2328-2332.
- Marsh MS, Smith S. Differences in the pattern visual evoked potential between pregnant and non-pregnant women. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1994;92:102-106.
- Gregori B, Pro S, Bombelli F, La Riccia M, Accornero N. Vep latency: sex and head size. *Clin Neurophysiol.* 2006;117:1154-1157.
- Dion LA, Muckle G, Bastien C, Jacobson SW, Jacobson JL, Saint-Amour D. Sex differences in visual evoked potentials in school-age children: what is the evidence beyond the checkerboard? *Int J Psychophysiol.* 2013;88:136-142.
- Hagemann D, Hewig J, Walter C, Naumann E. Skull thickness and magnitude of EEG alpha activity. *Clin Neurophysiol.* 2008;119:1271-1280.
- Anderson KM, Ge T, Kong R, Patrick LM, Spreng RN, Sabuncu MR, Yeo BTT, Holmes AJ. Heritability of individualized cortical network topography. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2021;118:e2016271118.
- Strasser T, Nasser F, Langrová H, Zobor D, Lisowski Ł, Hillerkuss D, Sailer C, Kurtenbach A, Zrenner E. Objective assessment of visual acuity: a refined model for analyzing the sweep VEP. *Doc Ophthalmol.* 2019;138:97-116.
- Shams L, Kamitani Y, Thompson S, Shimojo S. Sound alters visual evoked potentials in humans. *Neuroreport.* 2001;12:3849-3852.
- Ellingham RB, Waldock A, Harrad RA. Visual disturbance of the uncovered eye in patients wearing an eye patch. *Eye (Lond).* 1993;7:775-778.
- Petersen J. Amplitude fluctuations of the monocular checkerboard Ver caused by binocular rivalry. *Visual electrodiagnosis in systemic diseases.* Springer; 1980:245-248.
- Lansing RW. Electroencephalographic correlates of binocular rivalry in man. *Science.* 1964;146:1325-1327.
- Brown RJ, Norcia AM. A method for investigating binocular rivalry in real-time with the steady-state VEP. *Vision Res.* 1997;37:2401-2408.