



Fiksasyon Tercihi Çocuklarda Maküler Fonksiyonun Olası Bir Göstergesi midir?

Is Fixation Preference a Potential Indicator of Macular Function in Children?

© Hande Taylan Şekeroğlu*, © Ahmet Alp Bilgiç**, © Jale Karakaya***

*Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

**Amasya Üniversitesi, Sabuncuoğlu Şerefeddin Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Amasya, Türkiye

***Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyoistatistik Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Öz

Amaç: Fiksasyon tercihi testi özellikle konuşma öncesi dönemdeki çocuklarda olmak üzere ambliyopi tespiti için yaygın olarak kullanılmaktadır. Patern elektroretinogram (pERG) maküler fonksiyonu hassas olarak gösteren elektrofizyolojik bir testtir. Bu çalışmanın amacı şaşılıklı olan çocuklarda fiksasyon tercihi ile pERG'deki maküler fonksiyonun ilişkisini araştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya şaşılıklı olan 11 çocuk dahil edilmiştir. Tüm hastalara binoküler fiksasyon paterni testi, en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EİDGK) ve pERG'yi içeren oftalmolojik muayene yapılmıştır.

Bulgular: Hasta yaşı ortalama $10,09 \pm 1,18$ yıl idi. Tüm hastaların unilateral fiksasyonu vardı. Ortalama EİDGK tercih edilen gözlerde $0,85 \pm 0,17$, tercih edilmeyen gözlerde ise $0,48 \pm 0,19$ idi ($p=0,003$). Ortalama P50 amplitüdü tercih edilen gözlerde $6,07 \pm 2,06$ μV , tercih edilmeyen gözlerde $5,29 \pm 2,20$ μV ($p=0,203$), ortalama N95 amplitüdü ise sırasıyla $8,27 \pm 2,86$ μV ve $8,03 \pm 3,24$ μV olarak bulundu ($p=0,594$). Tercih edilmeyen gözlerde EİDGK, P50 ve N95 amplitüdüleri arasında korelasyon saptandı ($p=0,023$ ve $p=0,014$). İki göz arasındaki EİDGK farkı ile iki göz arasındaki P50 amplitüdü farkının ilişkili olduğu belirlendi ($r=0,688$, $p=0,019$).

Sonuç: Ambliyopi temel olarak kortikal bir olay olarak kabul ediliyor olsa da fiksasyon tercihi ile makülanın elektrofizyolojik fonksiyonu arasındaki ilişkiyi değerlendirecek başka ve geniş çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: ERG, fiksasyon, maküler fonksiyon, patern ERG, şaşılık

Abstract

Objectives: Fixation preference testing is widely used to detect amblyopia, particularly in preverbal children. Pattern electroretinogram (pERG) is an electrophysiological test which is a sensitive indicator of macular function. The aim of this study was to investigate the relationship between fixation preference and macular function on pERG in children with strabismus.

Materials and Methods: The study included 11 children with strabismus. All underwent ophthalmological examination including fixation preference by binocular fixation pattern test, best corrected visual acuity (BCVA) assessment, and pERG.

Results: The mean age of the patients was 10.09 ± 1.18 years. All patients had unilateral fixation. The mean BCVA was 0.85 ± 0.17 in preferred and 0.48 ± 0.19 in non-preferred eyes ($p=0.003$). The mean p50 amplitude was 6.07 ± 2.06 μV in preferred and 5.29 ± 2.20 μV in non-preferred eyes ($p=0.203$), and the mean N95 amplitude was 8.27 ± 2.86 μV and 8.03 ± 3.24 μV respectively ($p=0.594$). BCVA was correlated with p50 and N95 amplitudes in the non-preferred eyes ($p=0.023$ and $p=0.014$). Interocular BCVA difference was correlated with interocular P50 amplitude difference ($r=0.688$, $p=0.019$).

Conclusion: Although amblyopia is typically considered a cortical phenomenon, future larger studies are needed to investigate the relationship between fixation preference and macular electrophysiological function.

Keywords: ERG, fixation, macular function, pattern ERG, strabismus

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Hande Taylan Şekeroğlu, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

E-posta: h_taylan@yahoo.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0002-4783-522X

Geliş Tarihi/Received: 14.05.2020 Kabul Tarihi/Accepted: 17.08.2020

Cite this article as: Taylan Şekeroğlu H, Bilgiç AA, Karakaya J. Is Fixation Preference a Potential Indicator of Macular Function in Children?.

Turk J Ophthalmol 2021;51:151-155

©Telif Hakkı 2021 Türk Oftalmoloji Derneği
Türk Oftalmoloji Dergisi, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır.

Giriş

Görme keskinliği, maküler fonksiyonun kesin ve iyi bilinen bir göstergesidir. Ancak konuşma öncesi dönemdeki çocuklarda görme fonksiyonunun subjektif olarak değerlendirilmesi neredeyse imkansızdır. Bu yaş grubunda görme ancak fiksasyon testi ve göz hareketlerinin takibi ile kalitatif olarak değerlendirilebilir. Pediatrik oftalmolojik acil bir durum olarak kabul edilebilecek ambliyopi, iki göz arasında görme keskinliğinde iki veya daha fazla Snellen veya logMAR satırı fark olarak tanımlanmaktadır.¹ Ambliyopide tanı, izlem ve tedavi sonuçlarının değerlendirilmesi için görme keskinliği ölçümü şarttır. Bu nedenle, çocuklarda her zaman monoküler görme keskinliğinin doğru değerlendirilmesi gerekir.

Çocuklarda görme performansının tahmininde fiksasyon davranışının klinik değerlendirmesi kullanılabilir. Konuşma dönemi öncesi çocuklarda görme eşitliğini değerlendirmek için indüklenen tropy testi ve binoküler fiksasyon paterni testi tanımlanmıştır. Şaşılığı olan konuşma dönemi öncesi çocuklarda, fiksasyon tercihinin tahmin etmek için binoküler fiksasyon paterni değerlendirmesi daha iyi bir seçenekken, deviasyonu ≤ 10 prizma diyoptri (PD) olan veya deviasyonu olmayan çocuklarda prizma ile indüklenen tropy testi kullanılabilir.^{2,3,4} Fiksasyon tercih testleri görmenin kalitatif ölçümüne olanak sağlar. Çocukların sağlıklı gözle fiksasyonu tercih ettikleri ve ambliyopi yoksa fiksasyon tercihi olmadığı düşünülmektedir.

Patern elektoretinogram (pERG), çoğunlukla maküler ganglion hücrelerinden elde edilen invaziv olmayan bir klinik elektrofizyolojik testtir.⁵ Sinyal çok hassastır ve düzeltilmemiş refraksiyon veya uyarının ve retina görüntüsünün optik kalitesini düşüren oküler yüzey ve ortam sorunlarından etkilenebilir.⁵ P50 ve N95, pERG'nin maküler fonksiyonu yansıtan başlıca bileşenleridir.⁵ pERG ayrıca maküler ve jeneralize retinal disfonksiyonu ayırt etmek için tam saha ERG ile ve maküler ve optik sinir disfonksiyonunu ayırt etmek için görsel uyartılmış potansiyeller ile kombine edilebilir.⁵

Bu çalışmanın hipotezi, şaşılığı olan bir çocukta fiksasyon tercihinin daha iyi ipsilateral maküler fonksiyon ile ilişkili olabileceği ve bu nedenle fiksasyon tercihi ile başta P50 genliği olmak üzere pERG sinyalleri arasında bir korelasyon olabileceğidir. Bu çalışmanın amacı şaşılığı olan çocuklarda maküla fonksiyonunu elektrofizyolojik olarak değerlendirmek ve fiksasyon tercihi ile ilişkisini araştırmaktır.

Gereç ve Yöntem

Çalışmaya horizontal şaşılığı olan 11 çocuk dahil edildi. Çalışma boyunca Helsinki Bildirgesi'nin ilkelerine tam olarak uyuldu ve çalışma için etik kurul onayı alındı (onay numarası: GO 17/561-23). Tüm olguların ebeveynlerinden bilgilendirilmiş onam alındı. On beş yaşından küçük, heterotropyası 10 PD'den yüksek olan, monoküler görme keskinliği değerlendirmesi yapılabilen ve güvenilir pERG kayıtları olan çocuklar çalışmaya dahil edildi. Başka oküler morbiditesi ve sistemik hastalığı olan olgular çalışmaya dahil edilmedi.

Tüm çocuklara en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EİDGK) (uzak, ondalık) ve fiksasyon tercihinin de içeren tam oftalmolojik muayene ve ortoptik tetkikler yapıldı. Aynı deneyimli pediatrik göz hekimi (Hande Taylan Şekeroğlu), binoküler fiksasyon paterni testi ile tüm çocuklarda fiksasyon tercihinin değerlendirildi. Fiksasyonun değerlendirilmesi, tam sikloplejik refraksiyona uygun gözlüklerle hastanın her iki gözü aynı anda açıkken hasta fikse ederken yapıldı. Akomodatif fiksasyon hedefi gösterildi. Daha sonra, kayan gözün fiksasyonunu sağlamak için kaymayan göz kapatıldı. Göz açıldıktan sonra, tercih edilmeyen göz fiksasyonu devam etmiyorsa, fiksasyon tercihi belirlendi ve sağ veya sol olarak kaydedildi. Fiksasyon sırasında her iki göz arasında spontan alternasyon varsa veya her göz, göz kırpmaya veya yavaş takip hareketi sırasında fiksasyonu devam ettirebiliyorsa, fiksasyon tercihi serbest alternasyon olarak sınıflandırıldı. Fiksasyon özelliği tek taraflı veya serbest alternasyon olarak kaydedildi. Fiksasyon derecesi değerlendirmeye alınmadı. Füzyon, Worth 4 Nokta testi ile; stereopsis ise Titmus testi ile değerlendirildi.

Tüm olgularda pERG kaydı, alt göz kapağı forniksine yerleştirilen DTL elektrotları (Roland Consult, Almanya) ile yapıldı. pERG protokolü, Uluslararası Görsel Elektrofizyoloji Derneği/International Society for Clinical Electrophysiology of Vision (ISCEV), standartları ile uyumluydu.⁶ Kayıtlar, dilate olmayan refraksiyonu düzeltilmiş gözlerden elde edildi. ISCEV kılavuzuna göre, 50 ms'deki büyük pozitif bileşen P50 ve 95 ms'deki büyük negatif bileşen N95 olarak tanımlandı.⁶ Optik kaliteyi bozan dış faktörler pERG kaydını etkileyebileceğinden, stabil ve güvenilir pERG sinyalleri elde etmek için elektrotların uygun şekilde yerleştirilmesine özen gösterilmiştir. Oküler hizalama kusuru nedeniyle kayıt sırasında monoküler stimülasyon kullanıldı.

İstatistiksel Analiz

Tüm istatistiksel analizler SPSS 23.0 yazılımı (IBM Corp, Armonk, NY, ABD) kullanılarak yapıldı. Tanımlayıcı istatistikler, kantitatif veriler için normal dağılım durumuna göre ortalama $\pm$ standart sapma veya ortanca (minimum-maksimum), kalitatif veriler için ise frekans (yüzde) olarak verildi. İki bağımlı değişken karşılaştırılırken Wilcoxon işaretli sıra testi kullanıldı. Değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman sıra korelasyon analizi ile değerlendirildi. P değerinin 0,05'ten küçük olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Bulgular

Toplam 11 hasta çalışmaya dahil edilme kriterlerini karşıladı. Hastaların ortalama yaşı $10,09 \pm 1,18$ (9-12) idi. Tüm hastalarda fiksasyon tek taraflıydı.

Ortalama EİDGK tercih edilen gözlerde $0,85 \pm 0,17$, tercih edilmeyen gözlerde $0,48 \pm 0,19$ idi ($p=0,003$). Ortalama horizontal deviasyon miktarı (1 ekzoforya ve 10 ezoforya) $21,36 \pm 9,51$ (16-46) PD idi. Sferik eşdeğer refraksiyon kusuru tercih edilen gözlerde $+3,07 \pm 2,09$ (0,25-7,62) D, tercih edilmeyen gözlerde ise $+4,09 \pm 2,18$ (1,37-8,75) D olarak saptandı ($p=0,003$).

Ortalama p50 genliği tercih edilen gözlerde $6,07 \pm 2,06 \mu V$, tercih edilmeyen gözlerde $5,29 \pm 2,20 \mu V$ ($p=0,203$), ortalama p50 implisit zamanı ise sırasıyla $48,36 \pm 1,05$ ms ve $48,63 \pm 4,59$ ms idi ($p=0,790$). Ortalama N95 genliği tercih edilen gözlerde $8,27 \pm 2,86 \mu V$, tercih edilmeyen gözlerde $8,03 \pm 3,24 \mu V$ ($p=0,594$) iken ortalama N95 implisit zamanları sırasıyla $86,92 \pm 7,69$ ve $90,78 \pm 10,13$ bulundu ($p=0,328$). Tercih edilen gözlerde EİDGK ile N95 ve P50 amplitütleri veya implisit zamanları arasında korelasyon saptanmazken, tercih edilmeyen gözlerde EİDGK ile p50 ve N95 amplitütleri arasında korelasyon saptandı (sırasıyla; $p=0,023$, $r=0,6734$ ve $p=0,014$, $r=0,711$). Ayrıca EİDGK'de gözler arasındaki fark, P50 genliğinde gözler arasındaki fark ile korele bulundu ($r=0,688$, $p=0,019$).

Tartışma

Tahmini prevalansı %1-5 olan ambliyopi, çocuklarda önlenabilir ve tedavi edilebilir monoküler görme kaybının en sık sebebidir.¹ Bu nedenle, görme keskinliğinin değerlendirilmesi, özellikle şaşılık ve ambliyopili çocukların tespiti ve takibi için gereklidir. Ancak koopere olmayan veya engelli çocuklarda bu mümkün olmayabilir. Çocuklarda görme performansının değerlendirilmesinde ağırlıklı olarak fiksasyon ve takip değerlendirilmesi, kapamaya tutarlı itiraz, tercihlili bakış testi ve fiksasyon tercihi testleri kullanılmaktadır. Ancak, görme keskinliğini sadece tercihlili bakış testleri ölçebilir ve fiksasyon ve takip değerlendirilmesi ile, özellikle şiddetli ambliyopi hafife alınabilir.⁷

Binoküler fiksasyon paterni testi ilk olarak Knapp ve Moore⁸ tarafından tanımlanmıştır. Fiksasyon tercih testi, görmeyi kabaca değerlendirmek ve iki gözü birbiri ile karşılaştırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Görme keskinliğinin subjektif ve kantitatif değerlendirmesi yapılamadığında kullanılması gerekmektedir. Fiksasyon tercihinin olmaması eşit görme için bir gösterge olarak kabul edilirken, varlığı tercih edilmeyen gözde ambliyopi belirtisi olarak kabul edilir. Özellikle deviasyonu 10 PD ve üzerinde olan hastalarda binoküler fiksasyon paterni değerlendirmesi kullanılmaktadır.⁹ Buna karşılık, şaşılığ olmayan veya deviasyonu 10 PD'den küçük hastalarda, binoküler fiksasyon paterni testine alternatif olarak, ambliyopiyi saptamak için çeşitli prizmalar kullanılarak yapılan indüklenmiş tropya testleri tercih edilmektedir.¹⁰ Fiksasyon tercihi testinin, ezotropyası olan veya gözler arası görme keskinliği farkı 3 satırdan fazla olan hastalarda duyarlı olduğu bulunmuştur.¹¹ Ancak fiksasyon tercihi testinin duyarlılık, özgüllük, pozitif ve negatif prediktif değerlerinin araştırıldığı çalışmalarda tutarsız sonuçlara ulaşılmış ve bu testin dikkatle kullanılması gerektiği ve diğer testlerle doğrulanmasının yararlı olacağı sonucuna varılmıştır. Literatürde bu testin güvenilirliği birçok kez tartışılmıştır.^{2,4,10,11,12,13}

Görme keskinliğinde gözler arası farkları saptamada düşük güvenilirliğe sahip olmasına rağmen fiksasyon tercihi testinin farklı tip şaşılık olgularında araştırmacılar arası uyumunun yüksek düzeyde olduğu saptanmıştır.¹⁴ Ayrıca, bazı çalışmalarda

fiksasyon paterni testinin ambliyopili çocukların saptanmasındaki klinik değeri düşük bulunmuştur.^{13,15}

Procianoy ve Procianoy¹⁵, binoküler fiksasyon tercihi testinin, özellikle güçlü fiksasyon tercihi veya serbest alternasyonlu olgularda yararlı olduğunu, ancak ara derecelerde sınırlı güvenilirliğe sahip olabileceğini öne sürmüştür.

Şener ve ark.¹² yaptıkları çalışmada standart fiksasyon tercihi dereceleri ile interoküler logMAR görme keskinliği farklarını karşılaştırmış, geniş açılı şaşılığ olan ambliyopili hastalarda korelasyon olduğunu saptamış ve bu testin interoküler görme farkını belirlemede oldukça doğru sonuçlar verdiğini göstermişlerdir.

Alharkan ve Khan¹⁶, binoküler fiksasyon paterni testinin yanlış yorumlanmasının nedenlerini araştırmış ve kontralateral oküler baskınlığın test sonuçlarını etkileyebileceğini ve hatalı ambliyopi öngörüsüne neden olabileceğini bulmuşlardır. Çalışmamızda oküler dominans değerlendirilmemiştir.

Elektrofizyolojik testler, özellikle görme bozukluğunun etiyolojisi bilinmediğinde oftalmolojik muayeneyi tamamlayıcıdır. Belirli retinal alanların fonksiyonunu yansıtan testler, klinik bulgu olmadığında veya bulgular ortaya çıkmadan önce retina disfonksiyonunu saptamak için değerli araçlar olabilir. pERG, bir patern uyarı tarafından uyarılan ve merkezi fiksasyon gerektiren elektrofizyolojik bir testtir.⁶ Esas olarak retinal gangliyon hücrelerinin fonksiyonunu gösterir, ancak yanıtın normal olması için fotoreseptörler, bipolar, horizontal ve amakrin hücreler ve Müller hücrelerinin bütünlüğünün korunmuş olması gerekmektedir.¹⁷ Ancak, belirgin bir anatomik değişiklik olmasa bile makülanın elektrofizyolojik fonksiyonu normal olmayabilir. pERG sinyali çok hassastır ve oküler yüzey düzensizlikleri, refraksiyon kusurları ve uyarı/elektrot ile ilgili sorunlar gürültüye neden olabilir.

Literatürde pERG maküla fonksiyonunu değerlendirmek ve takip etmek için kullanılmıştır. Machalińska ve ark.¹⁸ asemptomatik tek taraflı internal karotis arter stenozu olgularından elde edilen pERG verisini tam saha ERG, patern görsel uyarlılmış potansiyeller ve optik koherens tomografi (OKT) verileri ile birlikte değerlendirmiş ve hem P50 hem de N95 genliklerinin sağlıklı kontrollere göre anlamlı derecede daha küçük olduğunu bulmuşlardır.

Okada ve ark.¹⁹ maküler telenjektazi tip 2 hastalarında yapı-fonksiyon korelasyonunu araştırmış ve P50 genliklerinin normalden düşük olduğunu bildirmişlerdir. Nowacka ve ark.²⁰ diyabetik maküla ödemi olan hastalarda makülanın yapısını ve fonksiyonunu diğer testlerin yanı sıra pERG ile değerlendirmiş ve tedavi sonrası takipte anlamlı bir değişiklik olmadığını bulmuşlardır. Mastropasqua ve ark.²¹ Stargardt hastalığı olan olgularda maküla fonksiyonu parametresi olarak pERG sinyalini sağlıklı kontrollerle karşılaştırmış ve Stargardt hastalığında hem P50 hem de N95 genliklerinin anlamlı olarak azaldığını ve implisit zamanlarının anlamlı olarak geciktiğini göstermişlerdir.

Lubiński ve ark.²² epi-retinal membranlı hastalarda pERG'nin cerrahi sonrası görme keskinliğini öngörmedeki değerini araştırmış ve cerrahiden sonra görme keskinliğinde artış ile birlikte pERG parametrelerinde iyileşme ve OKT'de

maküla kalınlığında azalma olduğunu göstermişlerdir. Cerrahi sonrası görme keskinliğini öngörmeye pERG'nin değeri olduğunu öne sürmüşlerdir.²²

Parisi ve ark.²³ anizometropik ambliyopili hastalarda pERG değerlerini sağlıklı kontrollerle karşılaştırmış ve anlamlı fark bulamamışlardır.

de Souza Lima ve ark.²⁴ hipermetropik anizometropik ambliyopili ve strabismik ambliyopi hastaları arasında pERG açısından fark olmadığını bildirirken, strabismik ambliyopili ve kontrol grubu arasında P50 ve N95 latanslarında anlamlı farklar olduğunu bulmuşlardır. Çalışmamızda anizometropik hasta yoktu.

Hamurcu ve ark.²⁵ anizometropik ambliyopisi olan gözlerde P50 ve N95 genliklerinin anlamlı olarak düşük olduğunu göstermişlerdir.

Ambliyopide ayrıca multifokal ERG de incelenmiştir. Al-Haddad ve ark.²⁶ anizometropik ve strabismik ambliyopili hastalarda multifokal ERG'yi araştırmış ve ambliyopili gözlerde merkezi halkada genliğin daha düşük olduğunu saptamışlardır ve bunun ambliyopinin şiddeti ile korele olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Çalışmaya dahil edilen hasta sayısının sınırlı olması nedeniyle elektrofizyolojik maküla fonksiyonu ile fiksasyon tercihi arasındaki ilişki hakkında bir çıkarım yapılamadığı unutulmamalıdır. Ayrıca tercih edilen ve edilmeyen gözler arasında sferik eşdeğer değerleri arasında anlamlı fark olması pERG değerlerini etkilemiş olabilir. Fiksasyon tercihi gruplarındaki hasta sayısı başka anlamlı sonuçlara varmak için çok düşüktü. Ancak bu çalışmanın sonuçları ön çalışma olarak kabul edilebilir.

Sonuç

Çalışma sonuçları, şaşılığın olan çocuklarda maküla fonksiyonunun kapsamlı bir değerlendirmesini içermekte ve elektrofizyolojik parametrelerdeki interoküler farklılıklar ile görme keskinliği farkı arasında potansiyel bir korelasyon olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle fiksasyon tercihi ile elektrofizyolojik ve klinik maküler fonksiyon arasındaki ilişkinin araştırıldığı daha geniş kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Etik

Etik Kurul Onayı: Çalışma boyunca Helsinki Bildirgesi'nin ilkelerine tam olarak uyuldu ve çalışma için etik kurul onayı alındı (onay numarası: GO 17/561-23).

Hasta Onayı: Alındı.

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu ve editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: H.T.Ş., A.A.B., Konsept: H.T.Ş., A.A.B., Dizayn: H.T.Ş., Veri Toplama veya İşleme: H.T.Ş., A.A.B., J.K., Analiz veya Yorumlama: H.T.Ş., J.K., Literatür Arama: H.T.Ş., Yazan: H.T.Ş.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

- Holmes JM, Clarke MP. Amblyopia. *Lancet*. 2006;367:1343-1351.
- Burggraaf F, Verkaik-Rijneveld MC, Wubbels RJ, de Jongh E. Is the 15Δ Base in Prism Test Reliable for Detection of Amblyopia in Anisometropic Patients? *Strabismus*. 2017;25:160-165.
- Wallace DK. Fixation preference tests for amblyopia: invaluable, useless, or somewhere in the middle?. *J AAPOS*. 2010;14:201-202.
- Cotter SA, Tarczy-Hornoch K, Song E, Lin J, Borchert M, Azen SP, Varma R; Multi-Ethnic Pediatric Eye Disease Study Group. Fixation preference and visual acuity testing in a population based cohort of preschool children with amblyopia risk factors. *Ophthalmology*. 2009;116:145-153.
- Robson AG, Nilsson J, Li S, Jalali S, Fulton AB, Tormene AP, Holder GE, Brodie SE. ISCEV guide to visual electrodiagnostic procedures. *Doc Ophthalmol*. 2018;136:1-26.
- Bach M, Brigell MG, Hawlina M, Holder GE, Johnson MA, McCulloch DL, Meigen T, Viswanathan S. ISCEV standard for clinical pattern electroretinography (PERG): 2012 update. *Doc Ophthalmol*. 2013;126:1-7.
- Wallace DK. Tests of fixation preference for amblyopia. *Am Orthopt J*. 2005;55:76-81.
- Knapp P, Moore S. Diagnostic procedures in an orthoptic evaluation. *Am Orthopt J*. 1962;12:63-69.
- Zipf RE. Binocular fixation pattern. *Arch Ophthalmol*. 1976;94:401-405.
- Wright KW, Edelman PM, Walonker F, Yiu S. Reliability of fixation preference testing in diagnosing amblyopia. *Arch Ophthalmol*. 1986;104:549-553.
- Attarzadeh A, Hoseinirad A, Farvardin M, Talebnejad MR, Alipour A. Reliability of fixation preference for detecting amblyopia in strabismic patients. *J Ophthalmic Vis Res*. 2009;4:160-163.
- Şener EC, Mocan MC, Gedik S, Ergin A, Sanaç AS. The reliability of grading the fixation preference test for the assessment of interocular visual acuity differences in patients with strabismus. *J AAPOS*. 2002;6:191-194.
- Friedman DS, Katz J, Repka MX, Giordano L, Iboronke J, Hawse P, Tielsch JM. Lack of concordance between fixation preference and HOTV optotype visual acuity in preschool children: the Baltimore Pediatric Eye Disease Study. *Ophthalmology*. 2008;115:1796-1799.
- Erkan Turan K, Taylan Sekeroglu H, Karahan S, Sanac AS. Fixation preference test: reliability for the detection of amblyopia in patients with strabismus and interexaminer agreement. *Int Ophthalmol*. 2017;37:1305-1310.
- Procianny L, Procianny E. The accuracy of binocular fixation preference for the diagnosis of strabismic amblyopia. *J AAPOS*. 2010;14:205-210.
- AlHarkan DH, Khan AO. False amblyopia prediction in strabismic patients by fixation preference testing correlates with contralateral ocular dominance. *J AAPOS*. 2014;18:453-456.
- Anders LM, Heinrich SP, Lagrèze WA, Joachimsen L. Little effect of 0.01% atropine eye drops as used in myopia prevention on the pattern electroretinogram. *Doc Ophthalmol*. 2019;138:85-95.
- Machalińska A, Kowalska-Budek A, Kawa MP, Kazimierzczak A, Safranow K, Kirkiewicz M, Wilk G, Lubiński W, Gutowski P, Machaliński B. Association between Asymptomatic Unilateral Internal Carotid Artery Stenosis and Electrophysiological Function of the Retina and Optic Nerve. *J Ophthalmol*. 2017;2017:4089262.
- Okada M, Robson AG, Egan CA, Sallo FB, Esposti SD, Heeren TFC, Fruttiger M, Holder GE. Electrophysiological characterisation of macular telangiectasia type 2 and structure-function correlation. *Retina*. 2018;38(Suppl 1):33-42.
- Nowacka B, Kirkiewicz M, Mozolewska-Piotrowska K, Lubiński W. The macular function and structure in patients with diabetic macular edema before and after ranibizumab treatment. *Doc Ophthalmol*. 2016;132:111-122.
- Mastropasqua R, Toto L, Borrelli E, Di Antonio L, Mattei PA, Senatore A, Di Nicola M, Mariotti C. Optical coherence tomography angiography findings in Stargardt Disease. *PLoS One*. 2017;12:e0170343.

22. Lubiński W, Gośławski W, Krzysiolik K, Mularczyk M, Kuprjanowicz L, Post M. Assessment of macular function, structure and predictive value of pattern electroretinogram parameters for postoperative visual acuity in patients with idiopathic epimacular membrane. *Doc Ophthalmol.* 2016;133:21-30.
23. Parisi V, Scarale ME, Balducci N, Fresina M, Campos EC. Electrophysiological detection of delayed postretinal neural conduction in human amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2010;51:5041-5048.
24. de Souza Lima LCS, Dantas AM, Herzog Neto G, Damasceno EF, Solari HP, Ventura MP. Comparative electrophysiological responses in anisometropic and strabismic amblyopic children. *Clin Ophthalmol.* 2017;11:1227-1231.
25. Hamurcu M, Çelik A, Sarıcaoğlu MS, Bulut AK. Electrophysiologic evaluation of amblyopia. *Eye Care Vis.* 2017;1:3-4.
26. Al-Haddad C, Bou Ghannam A, El Moussawi Z, Rachid E, Ismail K, Atallah M, Smeets L, Chahine H. Multifocal electroretinography in amblyopia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2020;258:683-691.