

Elektrookülografinin Klinik Anlamı

Prof. Dr. Ayşe ÖNER, FEBO.

Acıbadem Sağlık Grubu, Acıbadem Kayseri Hastanesi Göz Hastalıkları Kliniği, Kayseri.

Klinik elektrookülografi (EOG) aydınlık ve karanlık adaptasyon periyodları sırasında kornea ve oküler fundus arasındaki potansiyel değişikliklerini kaydeden ve dış retina ile retina pigment epiteli (RPE) fonksiyonlarını değerlendiren elektrofizyolojik bir testtir.

İnsan gözünün ön ve arka kutbu arasında bir elektriksel potansiyel farkı mevcuttur. Gözdeki bu elektriksel potansiyel ilk olarak 1849 yılında DuBois-Reymond tarafından bir hayvan gözünde gösterilmiştir. 1878 yılında Kühne, Steiner ve de Haas yine hayvan gözündeki voltajı başarılı bir şekilde saptamış ve sırayla kornea, iris, lens, vitreus, ve retinayı çıkararak tekrar ölçümler yapmışlardır. Sadece retina çıkarıldığında voltaj kaybolmuş, bu nedenle bu voltajın kaynağının retina olduğu belirlenmiştir. İnsanlarda göz hareketiyle elde edilen potansiyel pek çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Aydınlık-karanlık bölümlerin tam olarak tanımlanması Kris tarafından yapılsa da bu yanıtların nereden kaynaklandığını analiz eden ve klinik kullanımını tanımlayan Arden'dir.

İnsan gözündeki bu potansiyel; istirahat potansiyeli, korneoretinal ya da korneofundal potansiyel olarak da adlandırılır ve normal değeri yaklaşık 6 mV düzeyindedir. Bu potansiyele göz içindeki kornea ile lens epitelinin ve RPE'nin katkısı vardır. Kornea ve lens epiteli fotosensitif değildir ancak RPE ışıktan etkilenir. Göz elektriksel olarak korneası pozitif, fundusu negatif olan bir batarya gibi kabul edilebilir. Gözün hareketiyle birlikte hareket açısıyla ilişkili olarak bu potansiyelde değişiklikler meydana gelir. Voltaj değişikliğine yol açan en önemli faktör ışıktır. İnsanda aydınlık- karanlık sırasında oluşan potansiyel değişimlerini ilk tanımlayan 1958'de Kris, bu yanıtın klinik olarak anlamını ilk analiz eden ise 1962'de Arden'dir. Arden ışık miktarının azalması ile birlikte karanlıkta bir voltaj düşüklüğü meydana geldiğini ancak bu düşüşün ışık düzeyiyle ilişkili olmadığını, karanlıktan

aydınlığa geçişte ise voltajda bir yükselme olduğunu ve bu artış miktarının retinal aydınlanmanın miktarı ile doğru orantılı olduğunu göstermiştir. Bu potansiyelin oluşumunda RPE ve fotoreseptörlerin katkısı olduğundan bu tabakalarda ortaya çıkan anatomik, metabolik ve biyokimyasal değişiklikler potansiyel değişikliğine neden olabilmektedir. RPE tabakası sıkı bağlantılar içeren bir hücre tabakasından oluşmaktadır, dolayısıyla bu tabakanın direnci oldukça yüksektir. RPE'nin apikal ve bazal yüzeyleri arasında bulunan pompalar arasında oluşan iyon ve su hareketi EOG ile ilişkilidir. Aydınlıkta fotoreseptörler subretinal sıvıdan potasyum alıp, subretinal sıvıya sodyum bırakırlar. Dolayısıyla RPE'den subretinal alana doğru oluşan potasyum akışı RPE apeksinde voltajı arttırır. RPE depolarize olur, RPE'nin apikal ve bazal membranı arasındaki fark yani transepitelyal potansiyel artar ve EOG' de artış olur. Karanlıkta ise bunun tam tersi meydana gelir, RPE içinden potasyum akışı azalır, RPE hiperpolarize olunca ise transepitelyal potansiyel ve EOG azalır.

Kayıt için elektrodlar doğrudan retina üzerine yerleştirilemediği için gözdeki bu potansiyel indirekt olarak kaydedilebilmektedir. Göz sağa baktığında pozitif olan kornea dış kantustaki elektroda, negatif olan retina ise iç kantustaki elektroda yaklaşmaktadır. Göz sola baktığında ise bu olayın tam tersi gerçekleşmektedir. Göz hareketiyle oluşan potansiyel değişiklikleri cilt elektrodları ile kolayca kaydedilebilir. Voltaj düzeyi elektrodların göze olan uzaklığı ile değişiklik gösterir, her 1 derecelik değişiklik 12-30 mikro V değişikliğe yol açabilir. Sakkadik göz hareketlerinin 30 dereceden daha fazla yapılması ile 1mV gibi yüksek miktarda bir voltaj değişikliği elde edilebilir. Ancak 30 dereceden daha büyük göz hareketlerinde voltaj kaydı zor hatta bazen imkansız olduğundan bu kullanılmaz. Test oldukça basit ve ağrısızdır. Test sırasında horizontal göz hareketleri yapılmalıdır. Aksi takdirde

kapağın elevasyonu ile ortaya çıkan voltajlarda kaydedilecektir.

ISCEV STANDARTLARINA GÖRE ELEKTROOKÜLOGRAFİ KAYITLARININ ALINMASI

Bu bölümde EOG kayıtları sırasında dikkat edilecek teknik ve pratik konular ele alınacaktır.

EOG kayıtları ile ilgili standartlar ilk kez 1993'te hazırlanmış daha sonra 1998, 2006, 2011 yıllarında yeniden düzenlenmiş, son olarak 2017 yılında tekrar gözden geçirilerek yayınlanmıştır.

Bu standartların amacı tek bir protokol ve kayıt stratejisi oluşturarak bu testin tüm kliniklerde aynı şartlarda kaydedilmesini ve kayıtlar arasında karşılaştırma yapabilmeyi sağlamaktır. Araştırmacıların bu standartları kullanması ile klinikte kaydedilen testler arasında ve diğer kliniklerde alınan kayıtlar arasında kıyaslama yapılabilecektir.

EOG ORIJİNİ VE KAYIT PRENSİPLERİ

Gözün ön ve arka kutbu arasında korneafundal potansiyel de denen elektriksel potansiyel mevcuttur. Bu potansiyel temel olarak RPE'den kaynaklanır ve retinal aydınlanma ile değişikliğe uğrar. Potansiyel karanlıkta 8-10 dk azalmaya devam eder. En düşük noktasına 10-15 dk arasında ulaşır. 15 dk sonrasında aydınlık fazına geçilir. Retinal aydınlanmayı takiben 7-14 dk süreyle yavaş bir artış dönemi başlar buna aydınlık fazı denir. Bu fenomen RPE bazal membranından iyon geçişinde değişiklikler sonucunda meydana gelir. EOG'de göz potansiyelinde karanlık ve aydınlıkta meydana gelen değişiklikler ölçülerek indirekt bir ölçüm yapılır. Aydınlıkta elde edilen potansiyelin karanlıkta elde edilen potansiyele oranı belirlenir ve bu oran Arden oranı olarak adlandırılır. Aydınlıktaki cevap RPE ve fotoreseptör hücre tabakasının yaygın hastalıklarında etkilenir ve genelde ERG ile korelasyon gösterir. Best hastalığında bu durumdan farklı olarak bir istisna söz konusudur. ERG normal iken EOG bozulur.

KLİNİK EOG'NİN ÖLÇÜMÜ: RPE hücre fonksiyonu gözün ön kısmının pozitif potansiyelde olmasına neden olur. Gözün her iki tarafına yerleştirilmiş olan elektrodlar gözün hareketi ile birlikte meydana gelen potansiyel değişikliğinin kaydedilmesini sağlar.

STANDART METOD:

Bu bölümde metod ve aletle ilgili tanımlamalar yapılacaktır.

TEKNOLOJİK AYRINTILAR:

ELEKTRODLAR: Cilt için kullanılan gümüş-gümüş klorid elektrodlar ya da altın çanak elektrodlar kullanılır. İmpedans ayarı 5 k Ω üzerinde olmamalıdır.



Resim 1: Cilt için kullanılan gümüş-gümüş klorid elektrod.

AMPLİFİKATÖR: Amplifikasyon ayarları 0-30 Hz ya da 0.1-30 Hz arasında olmalıdır.

TAM SAHA (GANZFELD) STİMÜLATÖR: Uyarının tüm görme alanına aynı uzaklıkta olması için tam saha stimulatörü kullanılmalıdır. Bu amaçla kubbe ya da sfer stimulatörler kullanılır. Rahat bir baş-çene dayanağı olmalı, uyarın fiksasyon ışıkları arasında 15 derecelik açı olmalı, fiksasyon ışıkları aydınlık fazda iken farkedilebilecek kadar parlak olmalı, karanlık fazda ise parlaklığı az olmalıdır (Resim 2).

FİKSASYON OBJESİ: Küçük, kırmızı ve fark edilebilir parlaklıkta olmalıdır (Resim 2)

AYDINLIK VE KARANLIK AYARLARI: Karanlık adaptasyon fazı tam karanlıkta olmalı fiksasyon ışıkları hastanın fark edebileceği şekilde olmalıdır. Aydınlık adaptasyon fazında luminans 100 cd m⁻² şeklinde olmalıdır. Bu fazda kabul edilebilir sınırlar 90-110 cd m⁻² arasındadır. Ganzfeld stimulatör kalibrasyonu belli aralıklarla yapılmalıdır. Aydınlık fazında oda ışıkları açılabilir ancak oda luminansı ganzfeld luminansından fazla olmamalıdır. Oda aydınlatma-



Resim 2: Tam saha (Ganzfeld) stimulatörü ve stimulatörün merkezine 15 derece uzaklıkta olan fiksasyon ışıkları siyah oklarla gösterilmektedir.

sında kullanılan değişik ışık kaynaklarının (örneğin tungsten, halojen, LED ve floresan ampul gibi) değişik luminanslara neden olacağı unutulmamalıdır. Pratikte standardizasyon için beyaz ışık kullanılması önerilir.

HASTANIN HAZIRLANMASI:

PUPİL: Teste başlamadan önce pupil dilate edilmeli boyutları kontrol edilerek kaydedilmelidir. Pupil dilatasyonu göz içine girecek ışık miktarını standardize edecektir. Pupilden geçen ışık miktarı pupil boyutuyla beraber değişiklik gösterir. Örneğin 7 mm'lik pupil ile elde edilen retinal aydınlanmayı, 5 mm'lik pupil ile sağlamak için 2 kat luminansa ihtiyaç vardır. Pupil dilate edilmeden yapılan kayıtlarda pupil boyutunda değişiklik olacağı için bu durumda standart kayıtlar elde edilemeyebilir. Pupil boyutu raporda belirtilmelidir.

ELEKTROD YERLEŞİMİ: Cilt uygun ve hafif bir şekilde temizleme jeli ile temizlendikten sonra elektrodlar her iki göz iç ve dış kantuslarına mümkün olduğunca göze yakın olacak, şekilde yerleştirilir (Resim 3). Toprak elektrodu genellikle alına yerleştirilir. Toprak elektrodun mastoid üzerine ya da kulak memesine yerleştirilmesi de mümkündür.

ADAPTASYON ÖNCESİ FAZ: Test yapılacak olgular standart oda ışığında tutulmalı ve test öncesi 30 dk süreyle fazla miktarda ışığa maruz bırakılmamalıdır Oftalmoskop ışığı gibi güçlü ışık kaynağı kulla-



RESİM 3: Cildin uygun ve hafif bir şekilde temizlenmesinden sonra aktif elektrodlar her iki göz iç ve dış kantuslarına, toprak elektrodu ise alına şekildedeki gibi yerleştirilir.

nımından ve fundus fotoğraflama gibi yöntemlerden kaçınılmalıdır.

OLGUNUN HAZIRLANMASI: Hastaya kısaca işlem hakkında bilgi verilerek, göz hareketleri sırasında başını çevirmemesi anlatılmalıdır. Baş hareketleri testteki artefaktların en önemli nedenidir. Hastaya sadece ışık değiştiği zaman gözünü hareket ettirmesi gerektiği anlatılmalıdır. Kısa bir adaptasyon öncesi faz uygulaması ile hastanın testi yapıp yapamayacağı, test sırasında baş hareketlerinin olup olmadığı ve göz hareketlerinin uygunluğu değerlendirilir.

TESTİN KAYDEDİLMESİ:

DÖNGÜLERİN (SAKKADLARIN) KAYDEDİLMESİ: Her 1 dakikada 10 saniye boyunca 1 saniye süreli fiksasyon ışığı yanıp söner. EOG kaydı bu 10 saniye boyunca yapılır. Kayıt başlangıcında otomatik ya da sesli uyarılar verilebilir. Özellikle görme alanı defekti olan hastalarda sözlü uyarılar kullanılabilir.

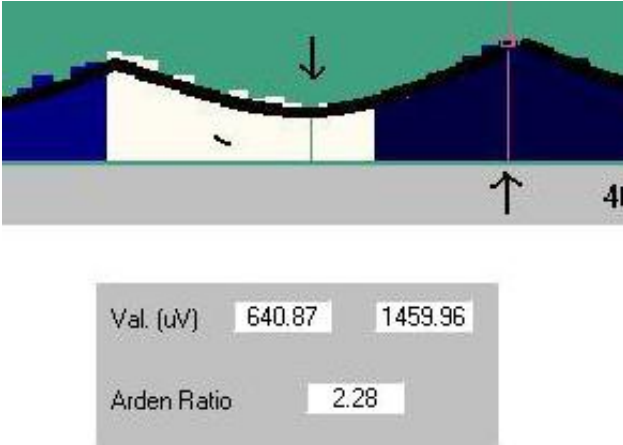
KARANLIK FAZİ: 15 dakika süreyle uygulanan karanlık fazında her 1 dakikada 10 saniye boyunca 1 kayıt yapılır. Bu sürelerde olgunun ışığı takip etmesi sağlanmalı, test süresi başlayınca olgu uyarılmalıdır.

AYDINLIK FAZİ: Zemin saha aydınlatması 100 cd/m² olmalıdır. Eğer hasta fazla ışıktan rahatsız oluyorsa aydınlığa kademeli olarak 20 sn içinde geçilebilir. Karanlık fazındaki gibi kayıtlara 15 dk boyunca devam edilir. Hasta tüm test boyunca alette bekletilir.

Aydınlık pikinin 15 dk'dan önce elde edildiği düşünülüyorsa teste son verilebilir.

ARDEN ORANININ BELİRLENMESİ: Arden oranı aydınlıktaki dalganın en yüksek tepesi (Light Peak-LP) ile karanlıktaki en düşük yerin (Dark Trough-DT) birbirine oranıdır. Ölçümler manuel ya da otomatik olarak yapılabilir. Bu ölçümü yaparken artefaktlara bağlı irregüler ölçümlere dikkat edilmelidir. Düzensiz ölçülmüş olan en düşük ve en yüksek değerler alınmaz önemli olan dalganın eğimidir (Resim 4). Eğer Arden oranı otomatik olarak ölçülüyorsa bilgisayar algoritmasının artefaktları ya da anormal çizgi dışı ölçümleri alıp almadığını kontrol etmek gerekir. Yanlış ölçüme yol açan en önemli nedenler hedeften daha dışa bakmak, kademeli bakış, sakkadı kaçırmak, ters yöne bakmak ya da ekzantrik fiksasyon şeklinde sıralanabilir.

ÖLÇÜMLERİN YAPILMASI: Ölçümlerde her zaman gürültü ya da artefakta rastlanabilir. Ölçüm



RESİM 4: Arden oranının belirlenmesi: Aydınlıkta oluşan en yüksek değerin, karanlıkta oluşan en düşük değere oranına Arden oranı denir. Bu değerler belirlenirken ideal dalga eğimi belirlenerek ona göre ölçümler yapılmalıdır. Resimdeki ilk bölüm (koyu renk) adaptasyon fazını (10 dk), ikinci bölüm (açık renk) karanlık fazını (15 dk), üçüncü bölüm (koyu renk) aydınlık fazını (15 dk) göstermektedir.

Toplam test süresi 40 dk'dır. Resimde sağdaki ok aydınlıktaki en yüksek yeri, sağdaki rakam ise değerini göstermektedir. Soldaki ok karanlıktaki en düşük yeri, rakam ise değerini göstermektedir. Arden oranı= $\frac{\text{Aydınlıktaki en yüksek değer}}{\text{Karanlıktaki en düşük değer}} = \frac{1459.96}{640.87} = 2.28$. Normal sınırlarda bir Arden oranı saptanmıştır.

yaparken bunlara dikkat ederek en yüksek ya da en düşük tek ölçümü almak yerine fizyolojik eğriyi belirlemek gerekir. Fizyolojik eğriyi belirlerken değerlendirici manuel olarak ölçüm yapabilir ya da bilgisayar destekli sistemler de kullanabilir. Kayıt yapılırken eğer artefaktlı ölçümler belirlenirse daha sonrasında bu değerler yok sayılarak fizyolojik eğri belirlenebilir ve daha sağlıklı değerlendirme yapılabilir (Resim 5).

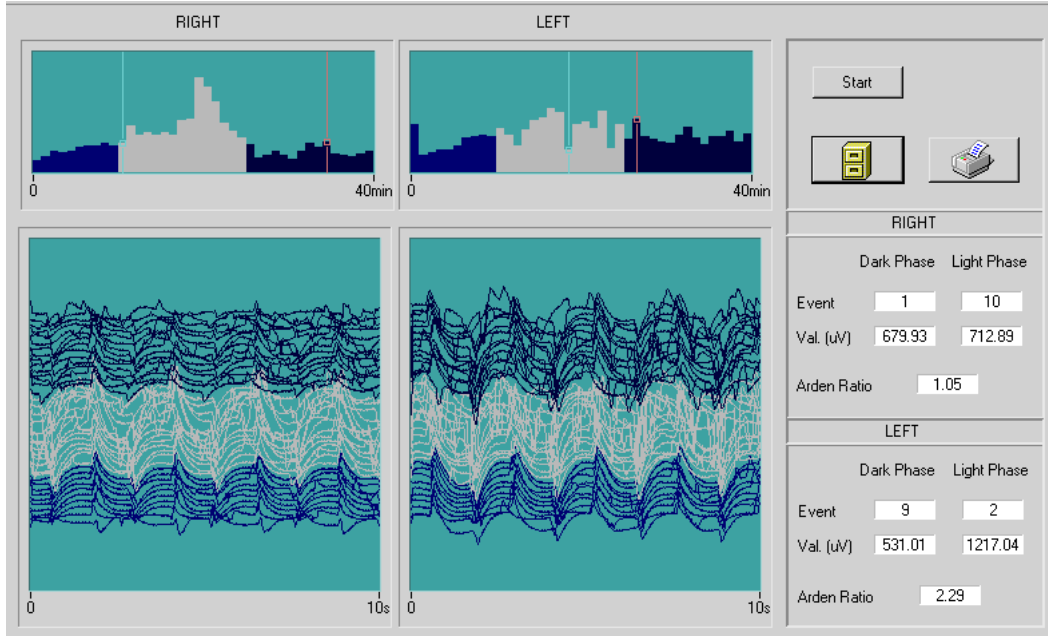
Pek çok klinikten elde edilen verilere göre ortalama normal Arden oranı (Aydınlık piki/Karanlık düşüşü) 2.2 (%220) dir. Normal değer en alt sınırı 1.8 olarak kabul edilir. Daha önce yayınlanan veriler ışığında, 1.5'in altında patolojik, 1.8'in üzerindeki değerler normal olarak değerlendirilir. Aradaki değerler ise subnormal olarak kabul edilir. 3.0'ın üzerindeki değerler ise anormaldir. Yine de her kliniğin kendi normal değerlerini belirlemesi gerekmektedir. Işık fazındaki pikin normalde 7-12 dk arası olması beklenir. Gecikmeler kaydedilmelidir.

GÖZLER ARASI ETKİLEŞİM: Bir gözün EOG potansiyelleri diğer gözü etkileyebilir. Bu etkileşim iç kantustaki elektrodların birbirine yakınlığına bağlı olarak %15 ile %40 arasında değişebilir. Eğer iç kantustaki elektrodlar birbirine temas ederse tek bir santal elektrod gibi davranabilirler. Bu etkileşim elektriksel olarak inaktif olan gözde (örneğin total retina dekolmanlı ya da fizik) yanlış değerlendirmelere neden olabilir.

RAPOR: Raporlama sırasında en düşük ve en yüksek amplitüdler, pupil boyutu, adaptasyon ışığı ile ilgili bilgilendirme yapılmalıdır. Eğer standart metoddan farklı bir uygulama varsa bu da rapora eklenmelidir. Ayrıca test yapılırken karşılaşılan herhangi bir zorluk varsa, hasta uyumu ile ilgili bir problem ya da uyumsuz göz hareketleri varsa raporda belirtilmelidir.

PRATİK NOTLAR, CİHAZLAR VE TANIMLAMALAR:

CİHAZ ÖZELLİKLERİ: Cihazlar düzensiz ölçümleri saptayabilmek için tüm 10 sn'lik ölçümlerin ayrı ayrı değerlendirilebilmesine izin vermelidir. Ayrıca kayıt sırasında hasta uyumunu sağlayabilmek adına monitörden hastanın göz hareketleri izlenebilmelidir. Monitörle izleme sırasında hastanın uygunsuz göz hareketleri, teste uyum sağlama kapasitesi, elektrod temasındaki problemler saptanabilir. Böylece hatalar düzeltilebilir ve artefaktlar en aza indirilebilir.



RESİM 5: Yukardaki resimde çok sayıda artefaktı olan bir ölçüm görülmektedir. Böyle bir testte Arden oranının bilgisayar tarafından belirlenmesi istenirse yanlış bir sonuç elde edilir. İdeal olan bu testin tekrarlanmasıdır.

HASTA UYUMU: Hastanın santral görme düzeyi iyi değilse, diplopsi varsa, konjuge göz hareketlerinde bozukluk, nistagmus ya da baş pozisyonunu korumada güçlük gibi problemleri varsa testi yapmak zor olabilir. Yine klostrofobi olan ve karanlık korkusu olan hastalarda işlem zor olabilir.

İşlem sırasında gözlerin kamera ile gözlenmesi uyumu arttırabilir. Diplopi varlığında sonuçlar çok güvenilir olmayabilir. Bu durumda tek gözü kapatarak testin yapılması güvenilir sonuçları arttıracaktır.

TEKNİK ZORLUKLAR: EOG oldukça basit bir testtir. Kayıt sırasında teknik zorluklarla karşılaşılması oldukça nadirdir. Çok az hastada standart göz hareketlerinin yapılması zor olabilir. Bu hasta grupları arasında oftalmoplejisi, nistagmusu olan olgular, parkinsonlu ya da myastenili hastalar sayılabilir. Bu hastalarda göz hareketleri yerine baş hareketleri kullanılabilir.

Hasta eğer bu testi ilk kez uyguluyorsa testi yapacak kişi tarafından test anlatıldıktan sonra, hastanın horizontal göz hareketlerini yapıp yapamayacağı kontrol edilmelidir. Lokal santral ya da periferel retinal hastalığı olan olgularda fiksasyon noktasını görmek zor olabilir. Bu hastalarda zeminin karanlık olması fiksasyon noktalarının daha iyi görünmesini sağlayacaktır. Görmesi çok düşük olan hastalarda

proprioepsiyonun yardımıyla test yapılabilir. Hasta kollu bir sandalyeye oturtulur ve kollarını paralel bir şekilde kolluklara dayaması istenir. Hastadan bir başparmağından diğerine bakması istenebilir.

Klinik test sırasında karanlık adaptasyonu derecesini ve aydınlık adaptasyon yoğunluğunu belirlemek önemlidir. Bazı araştırmacılar test öncesi dönemi uzatarak voltajı stabil hale getirirler ancak bu test süresini uzattığı için pek uygulanmaz. Bu dönemden sonra 10-12 dakikalık karanlık dönemi, düşüşü saptamak için yeterlidir. Bu sürenin standart olması önemlidir çünkü aydınlık döneminde meydana gelen yükselme miktarı karanlık periyodun süresiyle doğru orantılıdır. Maksimum artışı sağlamak için 22 dakikalık karanlık adaptasyonu gereklidir. Ancak 12 dakikalık karanlık adaptasyonu sonrasında maksimal değer % 90'ından daha fazla bir aydınlık piki sağlanabilir. Cevap tüm retinadan alındığından ganzfeld tam saha aydınlatması tercih edilmelidir. Işık miktarının ayarlanması ve standardize edilmesi pupil boyutunda değişiklikler olmaması için önemlidir. Pupil boyutunda değişiklik olmaması için iki seçenek mevcuttur. Ya çok parlak ışık kullanılabilir ya da pupil dilate edilerek test yapılabilir. Aydınlık dönemin 8 dakikadan daha fazla olması gerekir. Aydınlık piki sağlanıp azalma başlayınca test sonlandırılabilir. Normalde aydınlık pikinin 9 dakikadan sonra olmaması gerekir.¹⁻⁸

EOG ve YAŞ: Değişik yaş gruplarında yapılan çalışmalarda ortalama 2.5 olan Arden oranının her 10 yılda bir 0.13 oranında azaldığı belirlenmiştir. Aydınlık pikinin geliştiği zaman 20'li yaşlarda ortalama 9 dk iken 50'li yaşlarda 2 dk uzayarak ortalama 11 dk ya çıkmıştır. EOG amplitüdüleri kadınlarda erkeklere oranla daha yüksektir.⁹

EOG'NİN ETKİLENDİĞİ HASTALIKLAR:

EOG'de Arden oranı RPE'nin difüz hastalıklarında, fotoreseptör hastalıklarında ve koryoretinal atrofi-lerde etkilenebilir. Bu hastalıkların çoğunda EOG'deki bozulma, ERG'deki bozulmayla doğru orantılıdır. ERG'yi bozan tüm hastalıklarda EOG'de bozulur. Bunun istisnası bestrofin gen (BEST1) bozukluklarıdır. BEST1 geni 1998 yılında Best hastalığı tanısı konulan bir ailede tanımlanmıştır. Bu gen bestrofin1 proteini kodlar. Bestrofin 1 RPE'nin basolateral membranında bulunan 585 aminoasit içeren bir proteindir. Best hastalığı O-D geçen bir makuler dejenerasyondur. RPE retinal hemostazda, besinlerin ve artıkların taşınmasında önemli rol alır. Bestrofin geni membranda bulunan kalsiyuma hassas klorid kanallarının görev yapmasında rol alır. BEST1 gen mutasyonunda bu kanallarda disfonksiyon oluşur ve RPE'de iyon ve sıvı transportu bozulur.

Bestrofin gen bozuklukları şu şekilde sıralanabilir: Best vitelliform makuler distrofi (Best hastalığı), O-R geçişli bestrofinopati (ORB) ve O-D vitreoretinokoroidopati (ODV), O-D ve O-R retinitis pigmentosa.. Best hastalığında ERG normal iken EOG anormal saptanır. ORB ve ODV'de ise ERG sıklıkla anormal, EOG ise ağır şekilde ya da ERG ile orantısız şekilde bozuk saptanır. EOG ayrıca nörolojik bozukluklarda göz hareket bozukluklarını değerlendirmek için kullanılabilir.

Best hastalığının sınıflaması oftalmolojik bulgulara ve testlere göre yapılır. Klinik bulguların geniş varyasyon göstermesi atrofik, skarlı, periferik lezyonların olduğu hastalarda tanıyı zorlaştırmaktadır. Multifokal lezyon varlığı olguların %9.1'inde saptanır. Best hastalığı ve O-R bestrofinopatilerde EOG bulgularını içeren geniş bir seride 113 olgunun sonuçları değerlendirilmiştir. Bu seri 99 Best olgusu, 14 O-R bestrofinopati olgusu içermektedir. Olguların 75'ine EOG yapılabilmektedir. 20 olguda (%27) aydınlık piki olmamıştır ve Arden oranı %100 bulunmuştur. 49 olguda (%65) Arden oranı %100 ile %165 arasındadır. 6

olguda (%8) Arden oranı %165 bulunmuştur. Hiçbir olguda EOG amplitüd asimetrisi saptanmamıştır.^{10,11}

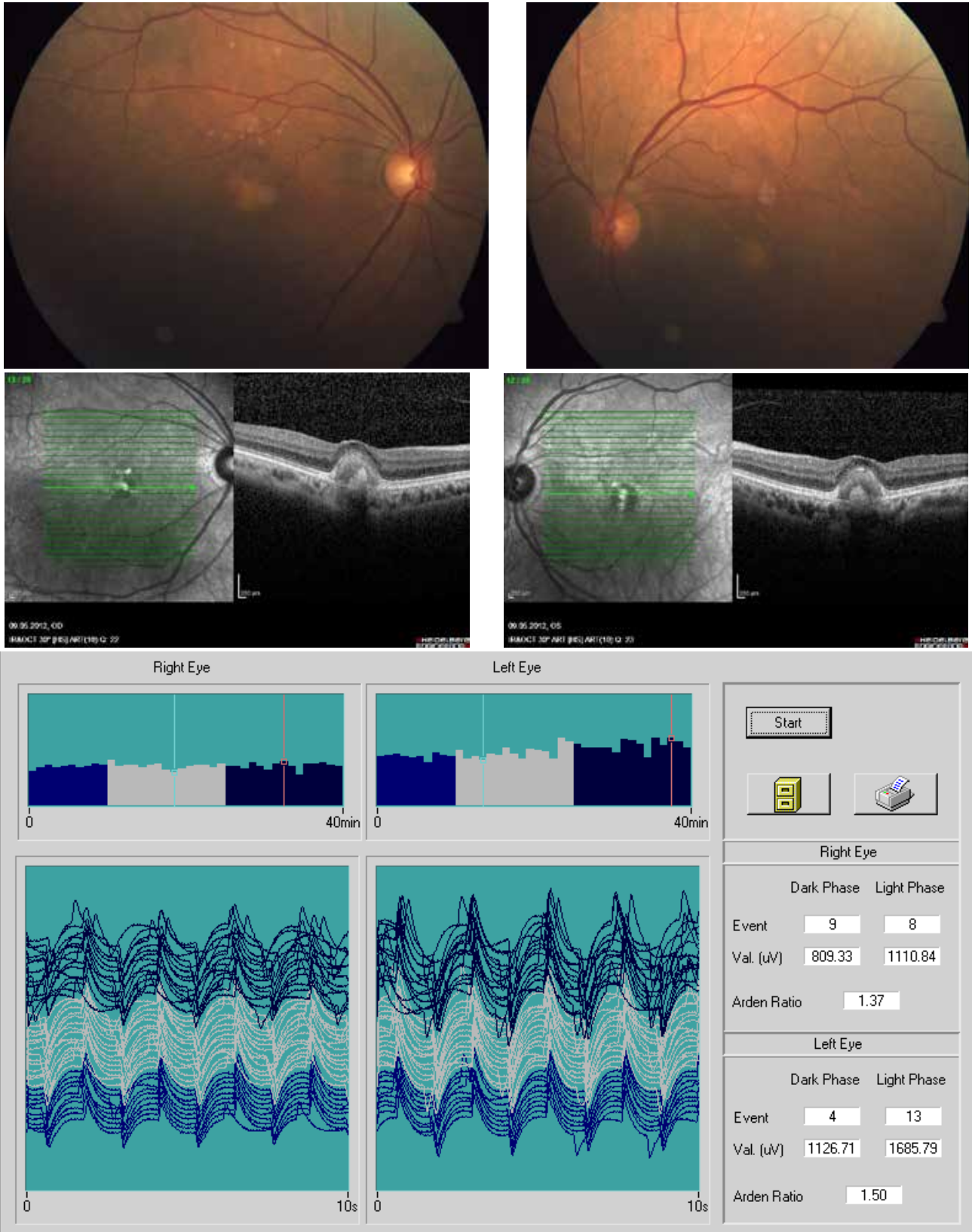
NÖROLOJİK HASTALIKLARDA EOG:

MYASTENİA GRAVİS (MG): Bu otoimmün nöromuskuler bozukluk kas zayıflığı ve yorgunluğu ile karakterizedir. Hastalığın erken dönemlerinde ekstraokuler göz kaslarında yorgunlukla artan kas zayıflığı saptanır. Eğer bulgular sadece göz kaslarında sınırlı ise bu tablo okuler MG olarak adlandırılır. Hafif derecedeki izole okuler bulgularda tanı koymak zor olabilir. Bu olgulardaki semptomlar nonspesifiktir ve doğru tanı koydurucu testler yoktur. Son yıllarda yapılan çalışmalarda EOG sinyallerinin okuler MG'li olgularda tanı koymada yardımcı olup olmadığına bakılmıştır. Uyku testlerinden elde edilen EOG sinyallerinin yaklaşık %70 oranında doğrulukla MG tanısını koydurduğu belirlenmiştir. Bu konudaki veriler oldukça yenidir ve ileri çalışmaların yapılması gerekir.¹²

ATAKSİ: Ataksi serebellar disfonksiyon sonucu ortaya çıkan istemli hareketlerin hızında, ritminde, amplitüdünde ve gücünde düzensizliklere neden olan nörodejeneratif bir hastalıktır. Hastaların çoğunluğunda bakışlarını fiske etmede ve obje takibinde zorluk saptandığı için EOG tanıda ipuçları verebilir. Az sayıda ataksi olgusunda yapılan çalışmalarda EOG bozuklukları saptanmıştır. Bu konuda ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.¹³

DİKKAT EKSİKLİĞİ HİPERAKTİVİTE SENDROMU: Bu olgularda dikkatini toplamada ve obje takip etmekte problemler görülmektedir. Yapılan çalışmalarda göz hareketlerinin düzensiz ve tutarsız olduğu bu nedenle EOG'lerin bozuk olduğu belirlenmiştir. EOG bu hastalıkta dikkat dağınıklığını saptamada kullanılabilir.¹⁴

EOG BAZLI BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ: Ağır motor bozuklukları olan hastalarda göz hareketlerini kullanan bilgisayar sistemleri ile hastaların iletişim kurmaları ve bazı ihtiyaçlarını karşılamaları mümkün olabilir. Son yıllarda göz hareketlerini monitorize eden, takip eden ve bu hareketleri komutlara çeviren sistemler üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. EOG kayıtlarını ya da video EOG kayıtlarını kullanan bu sistemler ağır engelli hastaların hayatlarını oldukça kolaylaştıracaktır.¹⁵



RESİM 6: Resimde Best Vitelliform Distrofi tanısı almış bir olgunun testleri görülmektedir. Renkli fundus fotoğrafında makulada sarı renkli vitelliform materyal birikimi, OKT kesitlerinde yine makulada vitelliform materyale bağlı hiperreflektif görüntü izlenmektedir. EOG testinde aydınlık pikinin olmaması nedeniyle Arden oranları 1.37 ve 1.50 olarak belirlenmiştir ve bu değerler patolojik sınırlardadır.

KAYNAKLAR:

1. Electrooculogram and RPE responses. In: Retina and Vitreous: Basic and clinical science course Section 12, American Academy of Ophthalmology LEO, 2005, p: 36-39
2. Arden GB, History of electro-oculography. In Heckenlively JR and Arden GB (Eds): Principles and practice of clinical electrophysiology of vision second edition. The MIT pres, Cambridge, London 2006, p: 11-13.
3. Arden GB, Origin and significance of the electro-oculogram. In Heckenlively JR and Arden GB (Eds): Principles and practice of clinical electrophysiology of vision second edition. The MIT pres, Cambridge, London 2006, p: 123-138.
4. Marmor MF, Zrenner E. EOG Standard. In Heckenlively JR and Arden GB (Eds): Principles and practice of clinical electrophysiology of vision second edition. The MIT pres, Cambridge, London 2006, p: 289.
5. Ogden TE. Clinical electrophysiology: Basic science and inherited disease. In Ryan SJ: Retina The Mosby Co. St Louis 2006, Vol I P: 365-367.
6. Doğan ÖK: Oküler elektrofizyoloji. Aydın P, Akova YA. (Ed): Temel göz hastalıkları. Güneş Kitabevi Ltd. Şti , Ankara 2001, s: 84-92
7. Constable PA, Bach M, Frishman LJ, Jeffrey BG, Robson AG; International Society for Clinical Electrophysiology of Vision. ISCEV Standard for clinical electro-oculography (2017 update). Doc Ophthalmol. 2017 ;134(1):1-9. doi: 10.1007/s10633-017-9573-2.
8. Creel DJ, John A. The electrooculogram. Handbook of Clinical Neurology, Vol. 160 (3rd series) Clinical Neurophysiology: Basis and Technical Aspects K.H. Levin and P. Chauvel, Editors <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64032-1.00033-3>.
9. Thavikulwat AT, . Lopez P, Caruso RC,. Jeffrey BG. The effects of gender and age on the range of the normal human electro-oculogram Doc Ophthalmol. 2015; 131:177–188 DOI 10.1007/s10633-015-9514-x
10. Wittström E, Ekvall S, Schatz P, Bondeson ML, Ponjavic V, Andréasson. S. Morphological and functional changes in multifocal vitelliform retinopathy and biallelic mutations in BEST1 Ophthalmic Genetics. 2011; 32(2), 83–96, 2011. DOI: 10.3109/13816810.2010.535890
11. Khan KN, Islam F, Holder GE, Robson A, Webster AR, Moore AT, Michaelides M. Normal electrooculography in Best disease and autosomal recessive bestrophinopathy. Retina. 2018 Feb;38(2):379-386. doi: 10.1097/IAE.0000000000001523. PMID: 28590961.
12. Liang T, Boulos MI, Murray BJ, Krishnan S, Katzberg H, Umapathy K. Detection of myasthenia gravis using electrooculography signals. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc. 2016 Aug;2016:896-899. doi: 10.1109/EMBC.2016.7590845. PMID: 28268468.
13. López A, Ferrero F, Postolache O. An Affordable Method for Evaluation of Ataxic Disorders Based on Electrooculography. Sensors (Basel). 2019 Aug 30;19(17):3756. doi: 10.3390/s19173756. PMID: 31480331; PMCID: PMC6751503.
14. Latifoğlu F, Esas MY, Demirci E. Diagnosis of attention-deficit hyperactivity disorder using EOG signals: a new approach. Biomed Tech (Berl). 2020 Apr 28;65(2):149-164. doi: 10.1515/bmt-2019-0027. PMID: 31661435.
15. López A, Ferrero F, Yangüela D, Álvarez C, Postolache O. Development of a Computer Writing System Based on EOG. Sensors (Basel). 2017 Jun 26;17(7):1505. doi: 10.3390/s17071505. PMID: 28672863; PMCID: PMC5539738.