



Sağlıklı Bireylerde Kontrast Duyarlık Düzeylerini Etkileyen Faktörler: Ön Çalışma

Factors Affecting Contrast Sensitivity in Healthy Individuals: A Pilot Study

Arzu Seyhan Karatepe*, Süheyla Köse**, Sait Eğrilmez***

*Kayseri Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Kayseri, Türkiye

**Serbest Hekim, İzmir, Türkiye

***Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

Öz

Amaç: Sağlıklı bireylerde, kontrast duyarlık düzeylerini etkileyen demografik ve oküler özellikler ile test ortamına ilişkin faktörleri belirlemek

Gereç ve Yöntem: Çalışmamıza 1,0 diyoptriden büyük refraksiyon kusuru bulunmayan, tam gören, oküler cerrahi geçirmemiş, 7-65 yaş aralığındaki 37 olgunun 74 gözü dahil edildi. Katılımcılar yaş gruplarına göre 3 gruba ayrıldı (grup 1: 7-19 yaş, 11 olgu; grup 2: 20-49 yaş, 15 olgu; grup 3: 50-65 yaş, 11 olgu). Olgulara, ön ve arka segment muayenesi, göz içi basınç ölçümü, refraksiyon ölçümü ve şaşılık muayenesi yapıldı. Pupilla çapları ölçülen olgulara Metrovision MonPack 3 vision monitor sistemi kullanılarak kontrast statik testi uygulandı. Önce fotopik, sonra mezopik koşullarda sağ ve sol göze ayrı ayrı, ayrıca her iki göz açık iken kontrast duyarlılık testi yapıldı.

Bulgular: Yaş arttıkça orta ve yüksek uzaysal frekanslardaki kontrast duyarlığın azalmakta olduğu görüldü. Binoküler kontrast duyarlık ölçümleri, monoküler ölçümlerden, karanlık ortamda alınan kontrast duyarlık ölçümleri aydınlık ortamdakilerden, tüm uzaysal frekanslarda daha yüksek bulundu. Çalışma grubumuzda yer alan düşük refraksiyon kusuru aralığında, hipermetropiye kaydıkça yüksek uzaysal frekanslardaki kontrast duyarlığın azaldığı görüldü.

Sonuç: Sağlıklı bireylerde yüksek yaş, küçük pupilla, hipermetropik refraksiyon, yüksek aydınlatmalı test ortamı kontrast duyarlığı azaltmaktadır. Binoküler kontrast duyarlık düzeyleri, her test ortamında ve her uzaysal frekansta monoküler kontrast duyarlıktan yüksektir.

Anahtar Kelimeler: Kontrast duyarlık, yaş, görme işlevi, fotopik

Abstract

Objectives: To determine the demographic and ocular features affecting contrast sensitivity levels in healthy individuals.

Materials and Methods: Seventy-four eyes of 37 subjects (7-65 years old) with refractive errors less than 1.0 diopter, no history of ocular surgery, and 20/20 visual acuity were included in the study. The participants were divided by age into three groups: group 1, 7-19 years, n=11; group 2, 20-49 years, n=15; and group 3, 50-65 years, n=11. All subjects underwent anterior and posterior segment evaluation, intraocular pressure measurements, refraction measurements, and clinical evaluation for strabismus. Contrast static test was performed using Metrovision MonPack 3 vision monitor system after measuring pupil diameter. Photopic and mesopic measurements were taken sequentially from right eyes, left eyes, and both eyes together.

Results: Contrast sensitivity at intermediate and high spatial frequencies was lower with increasing age. Binocular measurements were better than monocular, and mesopic measurements were better than photopic measurements at all spatial frequencies. Contrast sensitivity at higher spatial frequency was lower with hyperopic refraction values.

Conclusion: Increasing age, small pupil diameter, hyperopia, and photopic conditions were associated with lower contrast sensitivity in healthy individuals. Binocular contrast sensitivity measurements were better than monocular contrast sensitivity measurements in all conditions and spatial frequencies.

Keywords: Contrast sensitivity, age, visual function, photopic

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Arzu Seyhan Karatepe, Kayseri Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Kayseri, Türkiye
Tel.: +90 505 925 55 65 E-posta: arzuskaratepe@hotmail.com **Geliş Tarihi/Received:** 16.11.2015 **Kabul Tarihi/Accepted:** 11.06.2016

©Telif Hakkı 2017 Türk Oftalmoloji Derneği
Türk Oftalmoloji Dergisi, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır.

Giriş

Günümüzde görme fonksiyonunu değerlendirmek için kullanılan yöntemlerden önemli bir tanesi kontrast duyarlık ölçümüdür. Göz, hedef ve zemin arasındaki farklı ışık düzeylerini karşılaştırarak objeyi algılayabilir.

Kontrast duyarlık, obje ve zemin arasındaki en düşük aydınlanma farklılığının saptanabilmesi olarak tanımlanmıştır.¹ Standart görme keskinliği ölçümleri yüksek kontrast altında yapılır. Bu bize günlük hayatta; gece araba kullanma, az ışıklı ortamda okuma gibi farklı eylemlerdeki görme performansı hakkında bilgi vermez ve bir hastada sadece görme keskinliğini değerlendirmek ile görme tam olarak değerlendirilmiş olmaz.²

İyi görmenin temel koşullarından biri olan kontrast duyarlık ölçümleri görme keskinliği ölçümlerinden farklı olarak bir çok faktörden etkilenmektedir. Giderek artan multifokal kontakt lens ve göziçi merceği uygulamaları, görme keskinliğinden bağımsız olarak, görme kalitesinin etkilendiği yeni bir hasta grubu yaratmaktadır ve bu hastaların görme fonksiyonunu değerlendirmede görme keskinliği yetersiz kalmakta olup, kontrast duyarlık ve kamaşma testleri gerekliliği artmaktadır. Ancak patolojik seviyelerden bahsedilebilmesi öncelikle normal bireylerdeki kontrast duyarlık düzeylerinin ve bu düzeyleri etkileyen günlük yaşam-ortam koşullarının bilinmesiyle anlaşılmaya başlayacaktır.

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı'nın, Elektrofizyoloji biriminde yapılan bu çalışmada belirli yaş gruplarında farklı uzaysal frekanslardaki fotopik ve mezopik kontrast duyarlığın standart değerlerini saptanmaya çalışıldı. Ayrıca kontrast duyarlık üzerine etkili olabilecek yaş, pupil çapı, ortam aydınlatması gibi faktörlerin etkinliğini araştırıldı.

Gereç ve Yöntem

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı'na rutin kontrolden geçmek üzere başvuran 7-65 yaş arasında 37 olgunun 74 gözü çalışmaya tabii tutuldu. Olgulara tam bir oftalmolojik muayene yapıldı: Biyomikroskop ve 90 diyoptri (D) lens ile ön ve arka segment muayenesi, aplanasyon tonometrisi ile göz içi basınç ölçümü, otorefraktometri ile refraksiyon ölçümü, keratometrik değer ölçümü, Hirschberg ve örtme açma testi ile şaşılık muayenesi yapıldı. Kontrast duyarlılık testi yapılmadan önce her olgunun kontrast duyarlılık testi ile aynı aydınlatma düzeyindeki pupil çapları ölçüldü. Hiçbir göz patolojisi olmayan, tashihsiz tam gören, otorefraktometre değeri 1,0 D'den fazla olmayan, opere olmamış olgular çalışmaya dahil edildi.

Çalışmada Metrovision MonPack 3 Vision monitor sistemi kullanılarak kontrast statik testi uygulanıldı. Önce fotopik sonra mezopik koşullarda her defasında önce sağ göz sonra sol göz sonra her iki göz açık iken kontrast duyarlılık testi yapıldı. Yapılan bu testte sinüzoidal çubukların parametreleri (aydınlanma, kontrast, uzaysal frekans gibi) kontrol edildi. Her bir siyah beyaz çubuğun ilk olarak düşük kontrastta sunulduğu sistemde daha sonra kontrast cihaz tarafından otomatik olarak artırıldı. Çalışmada kişinin çizgileri fark ettiği ilk an kaydedildi. Cihazda değerlendirmeler 0,5; 1,5; 3,0; 6,0; 12,0 ve 24,0 devir/derece uzaysal frekanslarda, 0-30 desibel aydınlatma değerleri arasında gerçekleştirildi.

Kontrast duyarlık testi yapılmadan önce her olgunun kontrast duyarlık testi ile aynı aydınlatma düzeyindeki pupil çapları ölçüldü. Monoküler ve binoküler karşılaştırmalarda deneklerin dominant gözlerinden (tümünde sağ göz) alınan ölçümler monoküler ölçüm olarak esas alınarak istatistiğe dahil edildi; aynı denekle ilgili diğer gözün ölçümü (sol gözler) monoküler ölçüm hesaplamalarına dahil edilmedi. Kontrast duyarlık testinde; 0,5-1,5 devir/derece arası düşük; 3,0-6,0 devir/derece arası orta; 12,0-24,0 devir/derece arası yüksek uzaysal frekans olarak tanımlandı. Hastalar yaş gruplarına göre kontrast duyarlık eğrilerinin karşılaştırılması için 3 gruba ayrıldı; grup 1: 7-19 yaş, 11 olgu; grup 2: 20-49 yaş, 15 olgu; grup 3: 50-65 yaş, 11 olgu içermektedir.

İstatistiksel Analiz

Yaş, refraksiyon kusuru, pupilla çapı ve kontrast duyarlık düzeyleri arasındaki sayısal ilişki Pearson korelasyon testiyle, kontrast duyarlığın aydınlık-karanlık ortam ve monoküler-binoküler test stratejilerine göre eşleştirilmiş karşılaştırmaları bağımlı t testiyle incelendi.

Bulgular

Hastaların ortalama yaşları grup 1'de $11,45 \pm 3,55$; grup 2'de $35,66 \pm 7,62$; grup 3'te $57,09 \pm 4,48$ idi. Yaş gruplarına göre kontrast duyarlık eğrilerinin aydınlık-karanlık ortamda ve monoküler-binoküler ölçümlerdeki değişimleri Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.

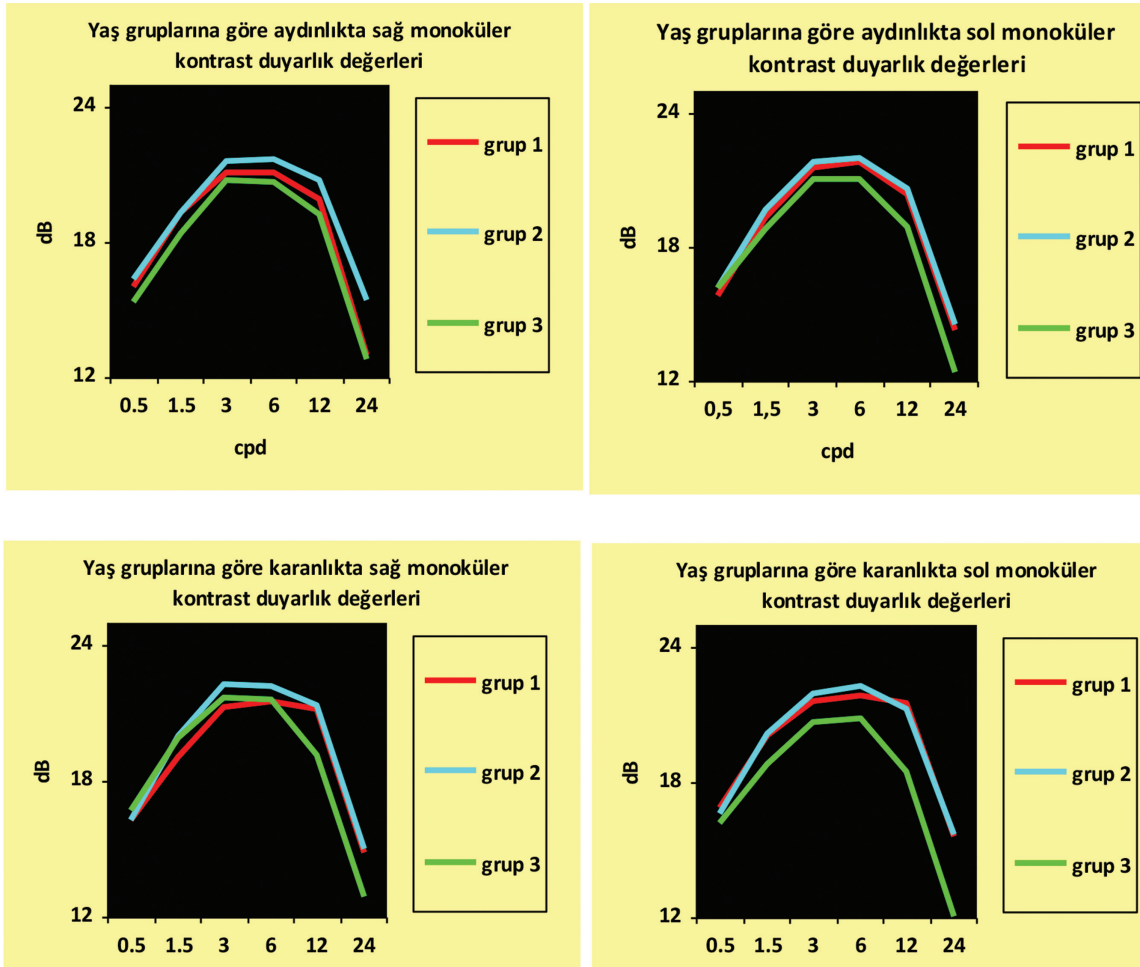
Yapılan istatistiksel analiz sonucunda yaş grupları arasında aydınlık ortamda kontrast duyarlıkta farklılık saptanmazken, karanlık ortamda yaş arttıkça yüksek frekanslarda ölçülen kontrast duyarlık değerlerinde azalma saptandı (Tablo 1, Şekil 3). Ayrıca

Tablo 1. Yüksek uzaysal frekanslarda karanlık ortamda artan yaşın kontrast duyarlık ile ilişkisi

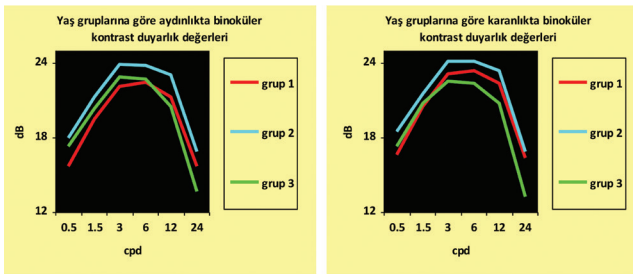
n=37	12 cpd	24 cpd
Sağ göz	p=0,006 r=-0,445**	p=0,036 r=-0,347*
Sol göz	p=0,002 r=-0,489**	p=0,001 r=-0,529**
Bilateral	p=0,032 r=-0,354*	p=0,011 r=-0,413*
**0,01 düzeyinde istatistiksel anlamlılık *0,05 düzeyinde istatistiksel anlamlılık		

Tablo 2. Yüksek uzaysal frekanslarda karanlık ortamda pupilla büyüklüğünün kontrast duyarlık ile ilişkisi

n=37	12 cpd	24 cpd
Sağ göz	p=0,029 r=-0,359**	p=0,009 r=-0,422*
Sol göz	p=0,027 r=-0,364**	p=0,005 r=-0,451**
Bilateral	p=0,017 r=-0,390*	p=0,002 r=-0,483*
**0,01 düzeyinde istatistiksel anlamlılık *0,05 düzeyinde istatistiksel anlamlılık		



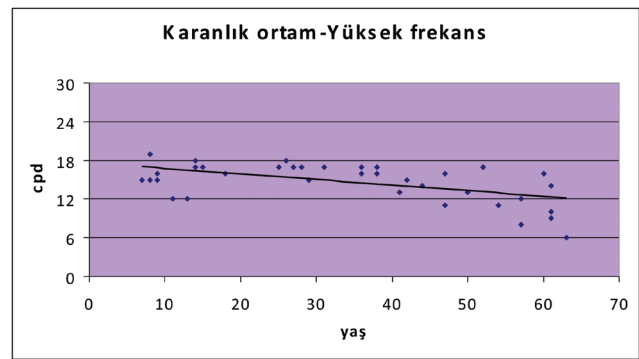
Şekil 1. Yaş gruplarına göre monoküler kontrast duyarlık değişimleri
dB: desibel, cpd: cycles per degree (devir/derece)



Şekil 2. Yaş gruplarına göre binoküler kontrast duyarlık eğrileri

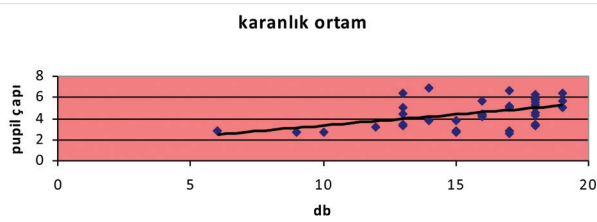
artan yaş ile birlikte hem karanlıkta hem aydınlıkta ölçülen pupilla çaplarının azaldığı ($p < 0,01$); düşük refraksiyon kusuru aralığında refraksiyonun yaş arttıkça hipermetropiye kaydığı tespit edildi ($p < 0,01$).

Aydınlık ortamda pupilla çaplarının kontrast duyarlık değerlerine etkisi saptanmadı. Karanlık ortamda ise yüksek uzaysal frekanslarda pupilla çapı büyüdükçe kontrast duyarlık değerlerinde de artış görüldü (Tablo 2, Şekil 4). Düşük refraksiyon kusuru aralığında refraksiyonun sferik eşdeğeri ile kontrast

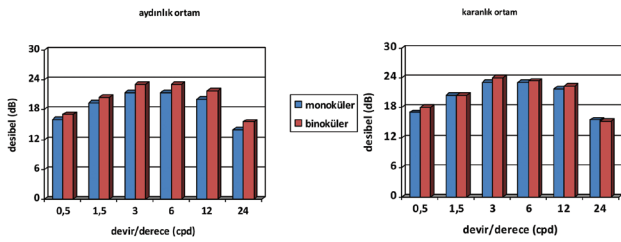


Şekil 3. Yaş gruplarına göre karanlık ortamdaki kontrast duyarlık değerleri
cpd: cycles per degree (devir/derece)

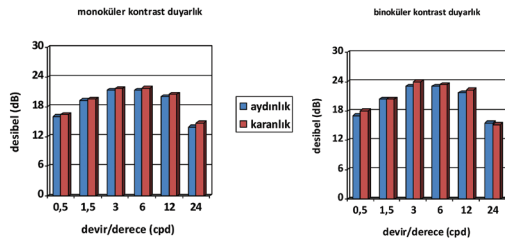
duyarlık ilişkisi incelendiğinde refraksiyon hipermetropiye kaydıkça yüksek frekanslarda daha belirgin olmak üzere hem yüksek hem orta frekanslarda kontrastın azaldığı görüldü ($p < 0,01$). Karanlıktaki pupil çapının hipermetroplarda daha küçük olduğu tespit edildi ($p < 0,05$).



Şekil 4. Pupilla çapının (mm) karanlık ortamdaki kontrast duyarlık [desibel, (dB)] değerlerine etkisi



Şekil 5. Monoküler ve binoküler ölçümlerin kontrast duyarlık ölçümlerine etkileri



Şekil 6. Ortam aydınlatmasının kontrast duyarlık üzerine etkisi

Tüm yaş gruplarında binoküler kontrast duyarlık ölçümleri, monoküler ölçümlerden (Şekil 5), karanlık ortamda alınan kontrast duyarlık ölçümleri aydınlık ortamdakilerden (Şekil 6), tüm uzaysal frekanslarda daha yüksek bulundu. Aydınlık ortamdaki kontrast duyarlık yaş ve pupilla çapından bağımsız bulundu.

Tartışma

Kişinin görme kalitesini değerlendirmede sadece görme keskinliğini ölçmenin yetersiz olduğu ve kontrast duyarlık ölçümü gibi diğer muayene yöntemlerinin de ölçülmesi gerektiği görüşü son yıllarda önem kazanmaktadır.³ Özellikle yeni geliştirilen multifokal intraoküler lensler ve refraktif diğer işlemlerde işlemin başarısı, görme keskinliği çok iyi olsa bile kontrast duyarlık testlerindeki değerlendirmelere bağlıdır.^{4,5,6,7} Dolayısıyla günümüzde kontrast duyarlık ölçümü giderek rutin pratiğimize daha çok girmektedir.

Histopatolojik çalışmalar yaşlanan retinada maküla pigmentlerinin, fotoreseptörlerin ve nöral yolların etkilendiğini göstermiştir.^{8,9} Bu çalışmalarda özellikle, rod sayısındaki azalmanın kon sayısındaki azalmadan çok daha fazla olduğu görülmüştür.^{8,9} Bu değişimler özellikle 50 yaşından sonra azalan ışık duyarlılığını, kontrast duyarlığı, azalan görme keskinliğini

ve uzamış karanlık adaptasyonunu açıklamaktadır.^{8,9} Bazı çalışmalarda yaştaki artışla kontrast duyarlığın fazla azalmadığı gösterilmiştir.^{10,11} Çoğu çalışmada ise artan yaş ile hem fotopik hem de skotopik kontrast duyarlığın azaldığı bildirilmiştir.¹² Bu azalmada yaşla birlikte meydana gelen lens sklerozunun rol oynadığı öne sürülmüştür.^{13,14,15} Bu çalışmaların en kapsamlı olanlarından biri Owsley ve ark.'nın¹⁶ 91 kişi üzerinde yaptığı çalışmadır. Çalışmada 40 yaşından sonra yüksek frekanslar için kontrast duyarlığın azaldığı ancak düşük frekanslarda bir etkilenme olmadığı saptanırken; küçük çocuklarda ise düşük frekanslarda yüksek kontrast duyarlık olmasına rağmen orta ve yüksek frekanslarda düşük duyarlık tespit edilmiştir. Zanglonghi¹⁷ tarafından 133 gözde yapılmış bir çalışmada ise 13-82 yaş aralığında tüm yaş dilimlerinde düşük uzaysal frekanslar olan 0,7-1,4-2,7 devir/derece değerlerinde kontrast duyarlıklar arasında fark saptanmazken, yüksek frekanslar olan 5,5-11-22 devir/derece değerlerinde maksimum hassasiyet 21-30 yaş aralığında saptanmıştır. Arden¹⁸ ile Bradley ve Freeman'ın¹⁹ çalışmaları bu çalışma ile korele olarak göstermiştir ki 13 yaşın altında düşük ve orta frekanslar için ölçülen kontrast duyarlık değerleri diğer tüm yaş gruplarından düşüktür. Çalışmamızda artan yaş ile karanlık ortamda yüksek uzaysal frekanslardaki kontrast duyarlık değerlerinin azaldığını ancak aydınlık ortamda yaşın kontrast duyarlığı etkilemediğini saptanmıştır. Yirmi yaş altı çalışma grubunda kontrast duyarlık değerlerini, 20-49 yaş grubu ile benzer olarak tespit edilmiştir.

Pupilla boyutu da kontrast duyarlılığı etkiler. Pupilla boyutundaki değişimler her iki uca kontrast duyarlılığı olumsuz yönde etkiler. Miyotik pupillada, difraksiyonun kontrast duyarlığı azalttığı, dilate pupillada ise sferik aberasyonların kontrastı azaltabileceği ileri sürülmüştür.²⁰ Çalışmamızda ise karanlıktaki pupil çapı büyüdükçe karanlık ortamdaki orta ve yüksek frekanslardaki kontrast duyarlık değerlerinin artması dışında pupil çapı ile kontrast duyarlık arasında ilişki saptanmadı. Artan yaş ile lensin sararmasının yanı sıra, fotoreseptörlerde sayıca azalma olduğu, pupil çapının daraldığı ve düşük aydınlatmalı ortamlarda pupilin daha az genişlediği bilinmektedir.¹² Çalışmamızda artan yaş grubunda karanlıkta yüksek frekanslardaki ölçümlerde tespit edilen azalma bu faktörler nedeniyle olabilir.

Kontrast duyarlık ölçümlerinin refraksiyon hipermetropiye kaydıka azalmasının, hipermetropların miyoplara göre daha fazla ambliyopiye meyilli olmalarına neden olabileceği düşünülmektedir. İleride yapılacak kontrollü çalışmalarda kontrast duyarlık ve ambliyopi arasındaki ilişki ortaya konulabilir.

Kontrast duyarlık ölçümleri, testin yapıldığı ortamın aydınlanma düzeyinden de etkilenmektedir. Aydınlık ortamda yüksek olan kontrast duyarlığın karanlık ortamda azaldığı görülmüştür.¹ Çalışmamızda ise karanlık ortamdaki kontrast duyarlık ölçümleri aydınlık ortamdakinden daha yüksek bulunmuştur. Bunun sebebi ortam aydınlatmasının karartılması ile birlikte zemin ile obje arasındaki ayırt etme yetisinin artırılmasıdır. Zemin beyaz, test objesi koyu renk ise zeminin aydınlatılması objenin fark edilebilirliğini muhakkak artıracaktır; ancak burada karanlık ortam olarak bahsedilen zeminden

bağımsız oda aydınlatmasıdır. Ortamın aydınlatılması zeminin aydınlatılmasına zıt etki yaratarak kontrast duyarlılığı azaltabilir. Çalışmamızı yaptığımız cihazda yaş aralığının geniş olması ve okul çocuğu yaş grubunda da ölçümlerin diğer yaş gruplarıyla karşılaştırılması hedeflenmiştir. Özellikle çocuklarda testin detaylı anlatılması ve uygulamanın uzun tutularak testin güvenilirliğinin artırılması sağlanmıştır; ancak bu olgu sayısının sınırlı sayıda tutulmasına yol açmıştır.

Sonuç

Gerek tıbbi, gerek cerrahi tedavilerin baş döndüren bir hızla geliştiği günümüzde görme keskinliğinin değerlendirilmesi; yeni yöntemlerin altın standart yöntemlerle karşılaştırılmasında yetersiz kalmakta ve kontrast duyarlılık ölçümü giderek önem kazanmaktadır. Kontrast duyarlılık ölçümünün yaşa, refraksiyona ve pupil çapına göre standardize edildiği veri tabanlarının oluşturulması önemlidir. Olgu sayısı olarak çalışmamız bu veri tabanı oluşumu için yetersizdir. Çalışmamızın bu aşamada bir pilot çalışma olarak gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutacağını düşünmekteyiz.

Etik

Etik Kurul Onayı: Çalışma gözlemsel bir çalışma olarak planlanmıştır. Helsinki Deklerasyonu esas alınarak yapılmıştır. 2008 yılında yapılmış bir çalışma olup, etik kurul onayına başvurulmamıştır, Hasta Onayı: Hastalardan aydınlatılmış onam alınmıştır. Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu dışındaki kişilerce değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Konsept: Süheyla Köse, Dizayn: Süheyla Köse, Veri Toplama veya İşleme: Arzu Seyhan Karatepe, Analiz veya Yorumlama: Sait Eğrilmez, Literatür Arama: Arzu Seyhan Karatepe, Yazan: Arzu Seyhan Karatepe.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

1. Jindra LF, Zemon V. Contrast sensitivity testing: a more complete assesment of vision. J Cataract Refract Surg. 1989;15:141-148.
2. Wood JM, Owens DA. Standard measures of visual acuity do not predict drivers' recognition performance under day or night conditions. Optom Vis Sci. 2005;82:698-705.
3. Amesbury EC, Shallhorn SC. Contrast sensitivity and limits vision. Int Ophthalmol Clin. 2003;43:31-42.
4. Tang W, Zhuang S, Liu G. Comparison of visual function after multifocal and accommodative IOL implantation. Eye Sci. 2014;29:95-99.
5. Vilupuru S, Lin L, Pepose JS. Comparison of contrast sensitivity an through focus in small aperture inlay, accommodating intraocular lens, or multifocal intraocular lens subjects. Am J Ophthalmol. 2015;160:150-162.
6. Çetin B, Arıcı MK, Özeç AV, Toker Mİ, Erdoğan H, Topalkara A. Zaracom ultraflex veya F260 göz içi lens takılan hastalarda kontrast duyarlılığın değerlendirilmesi ve karşılaştırılması. Turk J Ophthalmol. 2011;41:230-235.
7. Taşkın O, Özbek Z. Miyop ve astigmatizma nedeniyle LASİK ve LASEK uygulanan hastalarda kontrast duyarlılık sonuçlarının değerlendirilmesi. Turk J Ophthalmol. 2014;44:436-439.
8. Curcio CA. Photoreceptor topography in ageing and age-related maculopathy. Eye (Lond). 2001;15:376-383.
9. Curcio CA, Medeiros NE, Millican CL. Photoreceptor loss in age-related macular degeneration. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1996;37:1236-1249.
10. Packer M, Ginsburg AP. Contrast sensitivity and aging. Ophthalmology. 2007;114:1589-1590.
11. Li J, Zhao JL. Contrast visual acuity in adults with normal visual acuity. Zhonghua Yan Ke Za Zhi. 2012;48:403-408.
12. Weale RA. Aging and vision. Vision Res.1986;26:1507-1512.
13. Lampert P, Hopcroft M, Lempert y. Evaluation of posterior subcapsular cataracts. with spatial contrast acuity. Ophthalmology. 1987;2:14-18.
14. Stifter E, Sacu S, Weghaupt H. Functional vision with cataracts of different morphologies: comparative study. J Cataract Refract Surg. 2004;30:1883-1891.
15. Willimson TH, Strong NP, Sparrow J, Aggarwl RK, Harrad R. Contrast sensitivity nd glare in cataract using the Pelli-Robson chart. Br J Ophthalmol. 1992;76:719-722.
16. Owsley E, Sekuler R, Siemsen D. Contrast sensitivity throughout adulthood. Vision Res. 1983;23:689-699.
17. Zanlonghi X. Sensibilte au contraste, Etude comparative des appareillages actuels. Coup d'Oeil. 1991;32:70-74.
18. Arden GB. The importance of measuring contrast sensitivity in the cases of visual disturbance. Br J Ophtalmol. 1978;62:198-209.
19. Bradley A, Freeman RD. Contrast sensitivity in children. Vision Res. 1982;22:953-959.
20. Strang NC, Atchison DA, Woods RL. Effects of defocus and pupil size on human contrast sensitivity. Ophthalmic Physiol Opt. 1999;19:415-426.