

ORİJİNAL MAKALELER

Yapay Gözyaşı Uygulamasının Normal ve Kuru Gözlerde Kontrast Duyarlılığa Etkisi*

Koray Karadayı (*), Tuğrul Akın (*), Mehmet Ali Özdil (**), Ferda Çiftci (***), İsmail Certel (****), Ahmet Hamdi Bilge (*****)

ÖZET

Amaç: Kuru ve normal gözlerde yapay gözyaşı uygulamasının kontrast duyarlılık üzerine etkisini araştırmak.

Yöntem: GATA Haydarpaşa Eğitim Hastanesi Göz Polikliniği'ne başvuran, görmesi düzeltilmeli veya düzeltilmesiz tam (10/10) olan olgular, kuru göz tanı kriterleri açısından değerlendirilerek 35 kuru göz (Grup 1) ve 20 kontrol olgusu (Grup 2) olmak üzere toplam 55 olgu çalışmaya kapsamına alındı. Tüm olguların yapay gözyaşı damlası öncesinde ve 5 dakika sonrasında düşük ve yüksek uzaysal frekanslarda kontrast duyarlılık skorları "Gradual" kontrast duyarlılık eşeli ile ölçüldü ve iki grup karşılaştırıldı. İstatistiksel analizde Wilcoxon testi kullanıldı ve $p < 0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Bulgular: Kuru göz hasta grubunda, hem düşük hem de yüksek uzaysal frekansta, kontrast duyarlılık skorlarının yapay gözyaşı uygulamasıyla istatistiksel olarak anlamlı derecede arttığı saptandı ($p < 0.05$). Kontrol grubunda ise, düşük uzaysal frekans skorlarında yapay gözyaşı uygulaması sonrası anlamlı artış olmasına rağmen ($p < 0.05$), yüksek uzaysal frekans skorlarında anlamlı artış olmadığı görüldü ($p > 0.05$).

Tartışma: Kuru gözlerde azalmış olan kontrast duyarlılık yapay gözyaşı uygulaması ile artmaktadır. Bu nedenle kuru gözlü hastalarda yapay gözyaşı tedavisi ile kontrast duyarlılık normale yaklaştırılarak azalmış olan görme kalitesi artırılabilir. Ayrıca kontrast duyarlılık ölçümleri, bu hastalarda yapay gözyaşı tedavisinin takibi için de kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Kuru göz, kontrast duyarlılık, yapay gözyaşı.

SUMMARY

The Effects of Artificial Tear Application on Contrast Sensitivity in Dry and Normal Eyes

Purpose: To investigate the effects of artificial tear application on contrast sensitivity in dry and normal eyes.

(*) Yrd. Doç. Dr., GATA Haydarpaşa Eğitim Hastanesi Göz Servisi, Üsküdar, İstanbul

(**) Uzm. Dr., GATA Haydarpaşa Eğitim Hastanesi Göz Servisi, Üsküdar, İstanbul

(***) Doç. Dr., GATA Haydarpaşa Eğitim Hastanesi Göz Servisi, Üsküdar, İstanbul

(****) Asist. Dr., GATA Haydarpaşa Eğitim Hastanesi Göz Servisi, Üsküdar, İstanbul

(*****) Prof. Dr., GATA Haydarpaşa Eğitim Hastanesi Göz Servisi, Üsküdar, İstanbul

♦ Türk Oftalmoloji Derneği XXXVIII. Ulusal Oftalmoloji Kongresi (Antalya-2004)'de poster olarak sunulmuştur.

Yazışma adresi: Dr. Koray Karadayı, Emin Onat sk. 7/4, 34710 Moda-İstanbul
E-posta: koraykaraday@superonline.com, kkoray@hpasa.gata.edu.tr

Mecmuaya Geliş Tarihi: 26.11.2004
Düzeltilmeden Geliş Tarihi: 23.03.2005
Kabul Tarihi: 10.05.2005

Methods: A total of 55 patients with normal (10/10) corrected or uncorrected visual acuity referring to GATA Haydarpaşa Ophthalmology Outpatient Clinic were evaluated in regard to dry eye diagnostic criteria, and assigned into the dry eye group (Group 1; 35 patients) or the control group (Group 2; 20 patients). All patients were given a contrast sensitivity testing at low and high spatial frequencies using the "Gradual" contrast sensitivity chart before and at 5 minutes after application of artificial tears, and the two groups were compared. Wilcoxon test was used in statistical analysis, accepting a p value of <0.05 significant.

Results: In the dry group, there was a statistically significant increase in contrast sensitivity scores both at low and high frequencies after application of artificial tears ($p<0.05$). In the control group, although there was a significant increase in low frequency scores after artificial tear application ($p<0.05$), there wasn't a significant change in high frequency scores ($p>0.05$).

Conclusion: The decreased contrast sensitivity in dry eyes improves with application of artificial tears. Therefore, the impeded quality of vision seen in dry eye patients could be restored closer to normal with artificial tear therapy. Besides, contrast sensitivity testing could be used in the follow-up of artificial tear therapy.

Key Words: Dry eye, contrast sensitivity, artificial tear.

GİRİŞ

Gözyaşı yapımında azalma veya aşırı buharlaşmaya bağlı olarak gözyaşı tabakasının nicelik ve nitelik olarak olumsuz etkilenmesi neticesinde gelişen kuru göz sendromu, oldukça sık karşılaşılan kronik bir göz hastalığıdır (1-3). Kuru göz görülme sıklığının değişik toplumlarda yapılan çalışmalarda %5.7 ile %33.7 arasında değiştiği ve yaşla birlikte arttığı bildirilmiştir (4-6). Yakınmalar; yabancı cisim hissi, yanma, kuruluk hissi, fotofobi, kapaklarda ağırlık, okuma ve konsantrasyon gerektiren işlerde bu şikayetlerde artış, göz yaşarması veya gözde fazla sekresyon hissi, ağrı, rüzgar-klima-sigara dumanıtoz ve kapalı ortamlarda hassasiyettir. En az bu semptomlar kadar hastanın günlük yaşamındaki konforunu azaltan bir diğer yakınma da görme kalitesindeki bozulmadır.

Gözyaşı miktarı ve kalitesi bozulmuş hastaların görmeleri yardımcı optik gereçlerle yeterli miktarda düzeltilmemektedir. Kuru göz tanısı konmasıyla başlanan ilk tedavi olan yapay gözyaşı tedavisi, başta görme kalitesi azlığı olmak üzere çoğu semptomları ve hastanın şikayetlerini kısa bir zamanda giderebilmektedir. Görme kalitesini düzeltici etkisi, kuru göze bağlı kornea yüzeyindeki düzensizlikler nedeniyle oluşan aberasyonları düzgün bir gözyaşı katmanı oluşturarak ortadan kaldırıp, kornea üzerinde gerçekleşen optik kırınımı düzeltmesine bağlıdır (7,8). Yapay gözyaşı tedavisi başlanan birçok hasta değişen miktarlarda görsel kalitenin artmasından dolayı memnun kalmakta ve bunu hekimine bildirmektedir. Bu görsel iyileşme her zaman standart klinik testlerle saptanamamaktadır.

Fonksiyonel görme dünyası çeşitli büyüklükte ve farklı kontrastlardan oluşmuş objelerden meydana gel-

miştir. İnsan görsel sistemi değişik uzaysal frekanslara sahip paternleri saptayabilmek için farklı kontrast miktarlarına gereksinim duymaktadır. Kontrast duyarlılığı, kişinin bir test cismini ayırt etmek için ihtiyaç duyduğu en az miktardaki kontrast (açık ve koyu renk arasındaki fark) miktarıdır (9). Görme keskinliğinden farklı olarak kontrast iki görünür alan arasındaki ortalama luminans (aydınlanma) farkıdır ve bu iki farkın ölçümüne kontrast duyarlılık testi denir (10,11). Bu testler farklı aydınlanma koşullarında görsel kalitedeki değişimi çok hassas bir şekilde saptamamızı sağlamaktadır. Geleneksel görme keskinliği testleri ise sadece yüksek kontrasta sahip uyarıların en küçük uzaysal detaylarını gösterdiği için, görsel sistemin değişik boyut ve kontrasta sahip objeleri saptama ve ayırt etme yeteneğini saptamada yetersiz kalmaktadır (10).

Bu çalışmada kuru ve normal gözlerde, yapay gözyaşı kullanımının görme kalitesi üzerindeki etkilerini kontrast duyarlılık ölçümleri ile araştırdık.

GEREÇ ve YÖNTEM

GATA Haydarpaşa Eğitim Hastanesi Göz Hastalıkları Polikliniği'ne başvuran, kuru göz semptomları olup daha önce yapay göz yaşı tedavisi almamış, görmesi düzeltilmesiz veya düzeltilmeli tam olan hastalar kuru göz tanı kriterleri açısından değerlendirilerek, 35 kuru göz olgusu (Grup 1) ve 20 kuru gözü olmayan gönüllü kontrol olgusu (Grup 2) olmak üzere toplam 55 olgu çalışma kapsamına alındı. Kuru göz tanı kriteri olarak; kuru göz semptomları (kuruluk hissi, batma, yanma, yabancı cisim hissi, kaşıntı, kızarıklık, fotofobi) gösteren ve kuru göz tanısı testlerinden en az ikisi patolojik olan hastalar kurugöz grubuna dahil edildi. Kliniğimizde kuru göz ta-

nısında rutin olarak kullandığımız bu tanısal testler; gözyaşı kırılma zamanı (GKZ; 10 saniye altında), Schirmer I testi (5 dakikada 10 mm altında), biyomikroskopik muayenede subjektif olarak menisküs yokluğu veya azalmış menisküs yüksekliği (azalmış gözyaşı hacminin indirek göstergesi) ile artmış gözyaşı debrisisi (azalmış gözyaşı sirkülasyonunun indirek göstergesi) idi (12).

Sferik refraksiyon kusuru 5 diyoptri (D) üstünde veya astigmatik refraksiyon kusuru 2 D üstünde olan olgular ile korneal opasite saptanan olgular çalışma kapsamına alınmadı.

Kontrast duyarlılık ölçümleri için "Gradual" marka (Opsia, Fransa) kontrast duyarlılık eşeli kullanıldı (Resim 1). Bu eşel 55x110 cm. boyutlarında olup yerden 140 cm. yükseklikte yerleştirilmektedir. Harfler, kontrastları soldan sağa azalacak şekilde 10 sütunda (1.sütundaki harflerin hepsi en yüksek kontrasta sahip olup 10. sütundaki harflerin kontrastı en azdır) ve büyüklükleri yukarıdan aşağıya doğru azalacak şekilde 11 satırda (en üstteki harf 0.05, en alttaki harf ise 1.0 görme keskinliğine karşılık gelen Snellen harfine karşılıktır) dizilmiştir ve uzaysal frekanslarına göre 3 grupta sınıflandırılmıştır:

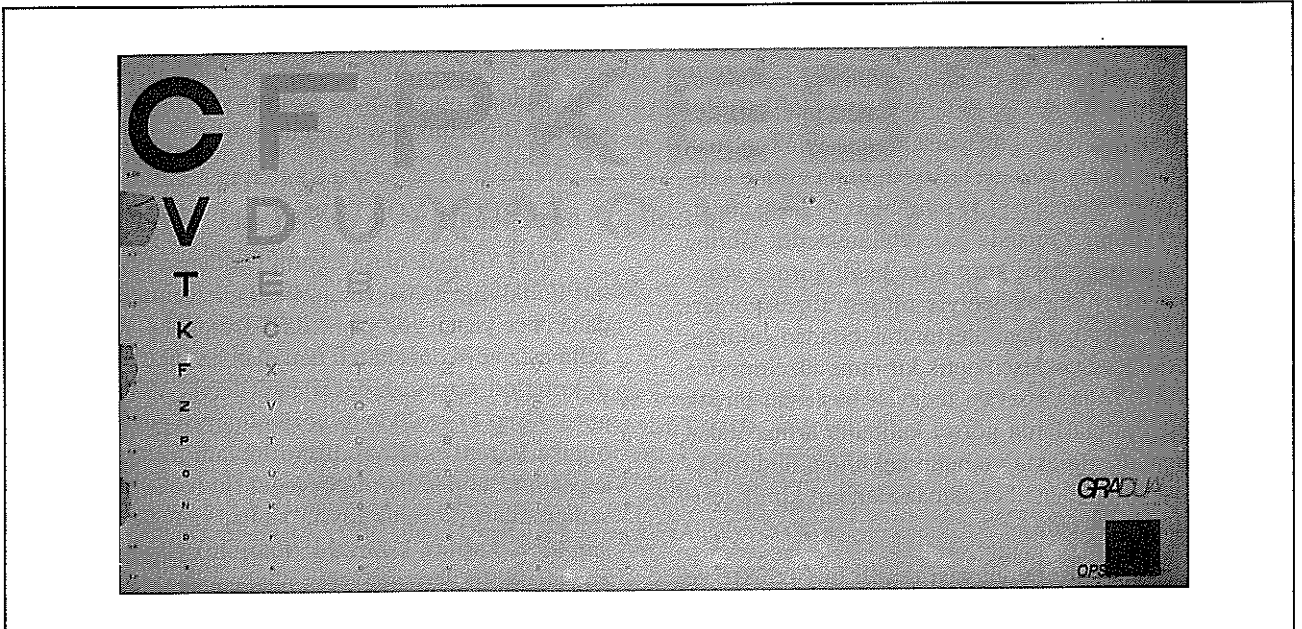
- 1- Düşük uzaysal frekans: 0.2 Snellen sırasına kadar olan harfler,
- 2- Orta uzaysal frekans: 0.3-0.6 Snellen sırasındaki harfler,
- 3- Yüksek uzaysal frekans: 0.7-1.0 Snellen sırasındaki harfler.

Eşel ekranı düşük aydınlanma düzeyi (düşük fotopik düzey; 5 cd/m²), orta aydınlanma düzeyi (mezopik fotopik düzey; 85 cd/m²) ve yüksek aydınlanma düzeyi (yüksek fotopik düzey; 700 cd/m²) olmak üzere 3 farklı parlaklık düzeyine ayarlanabilmektedir. Orta aydınlanma düzeyi bulutlu havadaki veya normal aydınlanmış odadaki aydınlanma düzeyine, düşük fotopik düzey alacakaranlıktaki aydınlanma düzeyine, yüksek fotopik düzey ise gece araba farlarındaki veya parlak güneş ışığındaki aydınlanma düzeylerine karşılık gelmektedir.

Olgular eşelden 3 metre uzaklıkta ve test edilecek gözleri açıkta kalacak şekilde diğer gözleri kapatılarak, orta aydınlanma düzeyi (mezopik fotopik düzey) olan 85 cd/m² aydınlanma düzeyinde değerlendirmeye alındı. Bu test düzeneğinin bulunduğu odanın aydınlanma düzeyi karanlık muayene odası düzeyinde (yaklaşık 1.4 log cd/m²) idi ve bu tüm testlerde aynı şekilde sağlandı. Her iki gruptaki olgulardan, araştırılacak uzaysal frekansa karşılık gelen harf sıralarını okumaları istendi. Okuyabildikleri en son harfe kadar teste devam edildi ve bu harf skor kağıdına işaretlenerek, skor kağıdında bu harfe karşılık gelen sayısal değer o gözün kontrast duyarlılık değeri olarak alındı. Kuru göz ve kontrol grubundaki tüm olguların sağ gözlerindeki düşük ve yüksek uzaysal frekanslarda kontrast duyarlılık skorları, yapay gözyaşı damlatılmadan önce ve damlatıldıktan sonra 5. dakikada ölçüldü.

Olguların damla öncesi ve sonrası kontrast duyarlılık skorlarının karşılaştırılmasında Wilcoxon testi kulla-

Resim 1. "Gradual" (Opsia, Fransa) marka kontrast duyarlılık eşeli



mıldı ve $p < 0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Kuru göz grubundaki (Grup 1) 35 olgunun yaş ortalaması 57.9 ± 9.5 (38-79 yaş arası); kontrol grubundaki (Grup 2) 20 olgunun yaş ortalaması ise 54.1 ± 7.9 (43-66 yaş arası) idi. Grup 1'de olguların 16'sı erkek (%45.7), 19'u kadın (%54.3), Grup 2'de ise olguların 9'u erkek (%45), 11'i kadın (%55) idi.

Yapay gözyaşı uygulaması öncesi düşük uzaysal frekansta kontrast duyarlılık skor ortalamaları; Grup 1'de 8.84 ± 1.00 , Grup 2'de 9.87 ± 0.33 idi. Yapay gözyaşı uygulamasından 5 dakika sonra, düşük uzaysal frekansta kontrast duyarlılık skor ortalamaları; Grup 1'de 9.66 ± 0.59 ($p = 0.006$), Grup 2'de 10 (tam skor) ($p = 0.046$) olduğu görüldü.

Yapay gözyaşı uygulaması öncesi yüksek uzaysal frekansta kontrast duyarlılık skor ortalamaları; Grup 1'de 5.84 ± 1.82 , Grup 2'de 8.57 ± 0.56 idi. Yapay gözyaşı uygulamasından 5 dakika sonra, yüksek uzaysal frekansta kontrast duyarlılık skor ortalamaları; Grup 1'de 7.12 ± 1.31 ($p < 0.001$), Grup 2'de 8.69 ± 0.63 ($p = 0.43$) olduğu görüldü.

İstatistiksel analizde, kuru göz hasta grubunun hem düşük hem de yüksek uzaysal frekansta kontrast duyarlılık skorlarının yapay gözyaşı uygulaması sonrası önceki

değerlerine göre anlamlı derecede arttığı saptandı ($p < 0.05$). Kontrol grubunda ise, düşük uzaysal frekans skorlarında yapay gözyaşı uygulaması sonrası anlamlı artış olmasına rağmen ($p < 0.05$), yüksek uzaysal frekans skorlarında anlamlı artış olmadığı görüldü ($p > 0.05$).

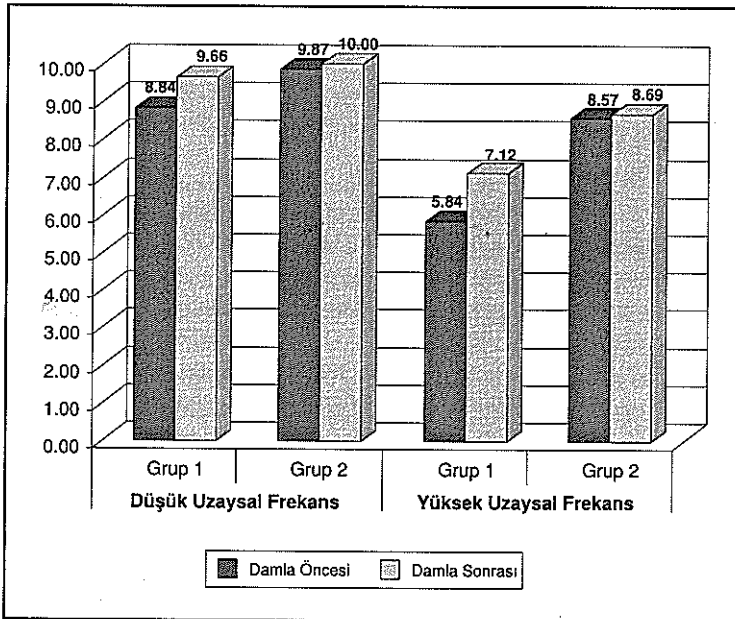
Yapay gözyaşı uygulaması öncesi ve yapay gözyaşı uygulamasından 5 dakika sonra kuru göz grubu ile kontrol grubunun ortalama kontrast duyarlılık skor farkları (skor artış miktarları) karşılaştırıldığında; kuru göz grubunda düşük uzaysal frekansta 0.82 ± 0.41 , yüksek uzaysal frekansta 1.28 ± 0.51 , kontrol grubunda ise düşük uzaysal frekansta 0.13 ± 0.33 , yüksek uzaysal frekansta 0.12 ± 0.07 skor artışı olduğu, bunun istatistiksel analizinde kuru göz grubunda kontrol grubuna göre her iki frekansta da kontrast duyarlılık skor farkının anlamlı derecede daha yüksek olduğu görüldü ($p < 0.05$).

TARTIŞMA

Keratokonjunktivitis sikka, punktat epiteliyal keropati gibi göz yaşı yetersizliğinin ileri formlarının görme keskinliğini azalttığı bilinmektedir (13). Hafif ve orta kuru göz formları ise daha sık görülmekte, ancak görme kalitesi üzerine olan olumsuz etkileri az bilinmektedir (14).

Kuru gözlü hastalarda yapay gözyaşı tedavisi ile kontrast duyarlılık normale yaklaştırılarak azalmış olan görme kalitesi artırılabilir. Huang ve ark. yaptıkları çalışmalarında punktat epiteliyal keratopatisi olan olgularda yapay gözyaşı damlatılması sonrası kontrast duyarlılık değerlerinde anlamlı artış olduğunu, epitelyopatisi olmayan kuru göz hastalarında ise istatistiksel olarak anlamlı değişikliklerin sadece düşük uzaysal kontrast duyarlılık değerlerinde saptandığını ifade etmişlerdir (10). Bizim çalışmamızda da normal kontrol grubundaki olgularda yapay gözyaşı ile yüksek uzaysal frekanslarda istatistiksel anlamlı bir artış olmasına rağmen, düşük uzaysal frekanslarda anlamlı artış vardı. Rolando ve ark. keratokonjunktivitis sikkalı olgularla, gözyaşı düzeyleri normal olan olguların karşılaştırmalı kontrast duyarlılık testlerini "Vistech Multivision Contrast Tester 8000" cihazı ile düşük uzaysal frekansta değerlendirmişler ve keratokonjunktivitis sikkalı hastaların kontrast duyarlılıklarının kontrol grubuna göre %35 ile %70 oranında düşük olduğunu ve yapay gözyaşı tedavisi sonrası keratokonjunktivitis sikkalı olguların tümünde kontrast duyarlılık değerlerinin arttığını saptamışlardır (15). Benzer şekilde Rieger çalışmasında keratokonjunktivitis sikkalı olgularda ya-

Şekil 1. Düşük ve yüksek uzaysal frekanslarda yapay gözyaşı damlası öncesi ve sonrası kontrast duyarlılık değerlerinin karşılaştırılması



pay gözyaşı uygulaması ile kontrast duyarlılığın anlamlı derecede arttığını saptamıştır (13). Bizim çalışmamızda, kuru göz hasta grubunda yapay gözyaşı uygulaması sonrası hem düşük hem de yüksek uzaysal frekansta kontrast duyarlılık değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı derecede arttığı saptandı ($p<0.05$). Kontrol grubunda ise, düşük uzaysal frekans değerlerinde yapay gözyaşı uygulaması sonrası anlamlı artış olmasına rağmen ($p<0.05$), yüksek uzaysal frekans değerlerinde anlamlı artış olmadığı görüldü ($p>0.05$).

Tutt ve ark. yaptıkları çalışmalarında kuru gözlü hastalarda yapay gözyaşı uygulaması sonrası kontrast duyarlılık skorlarında %20 ile %40 oranlarında artış olduğunu ifade etmişlerdir (16). Bizim çalışmamızda bu artış oranı yaklaşık %15 düzeyinde bulundu. Bir diğer çalışmada, laser in situ keratomileusis (LASİK) uygulaması sonrası kuru göz semptomları gelişen ve yoğun yapay gözyaşı tedavisi gereken olgularda punktum tıkaç uygulaması sonrası korneal gözyaşı miktarlarının artması ile korneal aberasyonlarda yaklaşık %20 azalma olduğu ve bu düzelmenin kontrast duyarlılık üzerine olumlu etkileri olduğu saptanmıştır (8). Applegate ve ark. keratokonuslu, refraktif cerrahi geçirmiş ve pterijyum eksizyonu yapılmış hastalardaki korneal düzensizliğin, özellikle pupillanın geniş olduğu durumlarda (düşük aydınlanma durumlarında) görsel performansı ve kontrast duyarlılığı tüm uzaysal frekanslarda azalttığını saptamışlardır (17). Gözyaşı yetersizliği de korneal ön yüz düzensizliğini arttırdığı için geniş pupilla oluşturan düşük aydınlanma düzeylerinde hastaların kontrast duyarlılıklarını yüksek ve orta aydınlanma düzeylerine göre daha fazla etkilenmektedir.

Çalışmamızda görme keskinliği düzeltmeli veya düzeltmesiz tam olan olgular çalışma kapsamına alındığı için görme keskinliği düzeylerinde belirgin bir değişim saptanmadı. Kuru göz grubu ve kontrol grubu olgularının tümünde yapay gözyaşı uygulamasını takiben kontrast duyarlılık değerleri arttı. Kuru göz grubunda tüm frekanslardaki artış istatistiksel olarak anlamlı iken, kontrol grubunda sadece düşük uzaysal frekans skorlarındaki artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu. İki grubun kontrast duyarlılık artış oranları karşılaştırıldığında, bu artışın kuru göz grubunda her iki frekansta da kontrol grubuna göre daha fazla olduğu görüldü ($p<0.05$).

Sonuç olarak, kuru gözlü olgularda azalmış olan kontrast duyarlılık düzeyi yapay gözyaşı uygulamasıyla artmaktadır, bu nedenle kuru gözlü olgularda yapay gözyaşı uygulaması ile kontrast duyarlılık artırılarak ve normale yaklaştırılarak bozulmuş olan görme kalitesi düzeltilebilir. Ayrıca kontrast duyarlılık ölçümleri kuru gözlü olgularda yapay gözyaşı tedavisinin etkinliğinin takibinde de kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Lemp MA: Report of the National Eye Institute/Industry workshop on Clinical Trials in Dry Eyes. *CLAO J* 1995; 21:221-32.
2. Tu EY, Rheinstorm S: Dry eye. In *Clinical Ophthalmology*, Yanoff M, Duker JS, eds. St. Louis, MO. Mosby. 2004; 520-526.
3. Johnson ME, Murphy PJ: Changes in the tear film and ocular surface from dry eye syndrome. *Prog Retin Eye Res* 2004; 23:449-474.
4. Schaumburg DA, Sullivan DA, Buring JE, Dana MR: Prevalence of dry eye syndrome among US women. *Am J Ophthalmol* 2003;136:318-326.
5. Schein OD, Munoz B, Tielsch JM, Bandeen-Roche K, West S: Prevalence of dry eye among the elderly. *Am J Ophthalmol* 1997;124:723-728.
6. Pei-Yu Lin, Su-Ying Tsai, Ching-Yu Cheng, Jörn-Hon Liu, Pesus Chou, Wen-Ming Hsu. Prevalence of dry eye among an elderly Chinese population in Taiwan. *Ophthalmology* 2003; 110:1096-1101.
7. Montés-Mico R, Cáliz A, Alió JL: Changes in ocular aberrations after instillation of artificial tears in dry-eye patients. *J Cat Refract Surg* 2004; 30:1649-1652.
8. Huang B, Mirza MA, Qazi MA, Pepose JS. The effect of punctal occlusion on wavefront aberrations in dry eye patients after laser in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 2004; 137:52-61.
9. Kamaş Ü, Okka M, Küçükçelik H: Kontrast duyarlılık ve renk görme. *T Oft Gaz* 2001; 31:725-737.
10. Huang FC, Tseng SH, Shih MS, Chen FK: Effect of artificial tears on corneal surface regularity, contrast sensitivity, and glare disability in dry eyes. *Ophthalmology* 2002; 109:1934-1940.
11. Altuğ M, Gözüm N, Gücükoğlu A: Steroid kataraktının kontrast duyarlılık ve kamaşma üzerine olan etkileri. *T Oft Gaz* 1999; 29:50-58.
12. Lemp MA: Diagnosis and the treatment of tear deficiencies. In *Duane's ophthalmology CD-ROM*, Tasman W, Jaeger EA. eds. Philadelphia, PA. Lippincott Williams & Wilkins. 2002.
13. Rieger G: Contrast sensitivity in patients with keratoconjunctivitis sicca before and after artificial tear application. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1993; 231:577-579.
14. Eiki G, Yukiko Y, Yukihiko M, Kazuo T: Impaired functional visual acuity of dry eye patients. *Am J Ophthalmol* 2002; 133:181-186.
15. Rolando M, Iester M, Macri A, Calabria G: Low spatial-contrast sensitivity in dry eyes. *Cornea* 1998; 17:376-379.
16. Tutt R, Bradley A, Begley C, Thibos LN: Optical and visual impact of tear break-up in human eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000; 41:4117-4123.
17. Applegate RA, Hilmantel G, Howland HC, Tu EY, Starck T, Zayac EJ: Corneal first surface optical aberrations and visual performance. *J Cataract Refract Surg* 2000; 6:507-514.