



Kuru Göz Hastalarında Suni Gözyaşı Damla Kullanımının Korneanın Yüksek Sıralı Aberasyonlarına Etkisi

The Effect of Artificial Tears on Corneal Higher Order Aberrations in Dry Eye Patients

Hasan Ali Bayhan, Seray Aslan Bayhan, İzzet Can*

Bozok Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Yozgat, Türkiye

*Özel Maya Göz Hastanesi, Ankara, Türkiye

Özet

Amaç: Kuru göz olgularında suni gözyaşı damla kullanımının korneanın optik aberasyonlarına olan etkilerini incelemek.

Gereç ve Yöntem: Bu ileriye dönük çalışmada ilk kez kuru göz tanısı konulan 30 hastanın 30 sağ gözü değerlendirildi. Tüm hastalara rutin oftalmolojik muayeneyi takiben Schirmer ve gözyaşı kırılma zamanı (GKZ) testleri yapıldı. Korneanın ön yüzey aberasyonları suni gözyaşı damlası öncesi (Eyestil®) ve damla damlatıldıktan beş dakika sonra kornea topografisi (Sirius, CSO) ile 6 mm pupil çapında kornea elevasyon profilinin Zernike polinomları kullanılarak korneanın wavefront verisine çevrilmesiyle elde edildi. Damla öncesi ve sonrası korneanın optik aberasyonları karşılaştırıldı.

Bulgular: Çalışmaya alınan hastaların 17'si kadın 13'ü erkek idi ve ortalama yaşı 44,36±13,22 yıl idi. Ortalama GKZ 4,78±2,78 saniye, ortalama Schirmer değeri 3,58±2,45 mm/5 dakika olarak bulundu. Suni gözyaşı damlatıldıktan sonra korneanın total aberasyonun 1,120±0,35 µm'dan 0,960±0,34 µm'a, yüksek sıralı aberasyonun 0,674±0,26 µm'dan 0,464±0,18 µm'a, koma benzeri aberasyon değerlerinin 0,283±0,10 µm'dan 0,238±0,09 µm'a ve sferik benzeri aberasyon değerlerinin 0,254±0,11 µm'dan 0,221±0,08 µm seviyesine azaldığı görüldü (hepsi, p<0,001). Damla sonrası Strehl oranında istatistiksel anlamlı artış izlendi (p<0,001).

Sonuç: Suni gözyaşı damlalar kuru göz semptomlarını azaltmanın yanı sıra gözün optik kalitesinde artışa neden olmaktadır. Suni gözyaşı damlaların görsel kaliteye faydaları korneanın wavefront aberasyonları ile objektif olarak değerlendirilebilir. (*Turk J Ophthalmol* 2014; 44: 119-22)

Anahtar Kelimeler: Kuru göz, kornea topografisi, kornea aberasyonları

Summary

Purpose: To assess the effects of artificial tears on corneal higher order aberrations in dry eye patients.

Materials and Methods: 30 right eyes of 30 newly diagnosed dry eye patients were evaluated in this prospective study. After routine ophthalmological examination, Schirmer test and tear break-up time (TBUT) test were performed in all patients. Anterior corneal aberrations were derived from conversion of the corneal elevation profile into corneal wavefront data with 6.0 mm pupil diameter using Zernike polynomials by corneal topography before and 5 minutes after instillation of artificial tear (Eyestil®). Corneal optical aberrations were compared before and after instillation of eyedrop.

Results: The study included 17 women and 13 men; the average age of the patients was 44.36±13.22 years. Mean TBUT was 4.78±2.78 seconds and mean Schirmer value was 3.58±2.45 mm/5 minutes. After instillation of artificial tear, significant reductions in corneal total aberration from 1.120±0.35 µm to 0.960±0.34 µm, higher order aberration from 0.674±0.26 µm to 0.464±0.18 µm, coma-like aberration from 0.283±0.10 µm to 0.238±0.09 µm, and spherical-like aberration from 0.254±0.11 µm to 0.221±0.08 µm were detected (all, p<0.001). After eyedrop instillation, statistically significant increment was observed in Strehl ratio (p<0.001).

Conclusion: As well as reducing the dry eye symptoms, artificial tears also cause increment in optical quality of the eye. Benefits of artificial tears on visual quality can be evaluated objectively via corneal wavefront aberrations. (*Turk J Ophthalmol* 2014; 44: 119-22)

Key Words: Dry eye, corneal topography, corneal aberrations

Giriş

Kuru göz, oküler yüzeyin ve gözyaşı film tabakasının sık görülen bir hastalığıdır. Toplumda yaklaşık %5'lerden %30'lara kadar ulaşan oranlarda bildirilmiştir.¹ Uluslararası kuru göz çalışma grubu 2007'de hastalığı "rahatsızlık, görme bulanıklığı ve gözyaşı tabakası kararsızlığına neden olabilecek ve oküler yüzeye potansiyel hasar verebilecek multifaktöryel bir hastalık" olarak tanımlamıştır.² Kuru gözü olan hastalarda, kronik oküler yüzey rahatsızlığı, günlük görsel fonksiyonları azaltmakta ve görme ile ilişkili günlük rahatsızlıklar sağlık sorunu haline gelebilmektedir.³

Gözyaşı film tabakası gözün en ön kısmında yer alan refraktif yüzey olduğu için gözün optik kalitesinde çok önemli bir rolü vardır. Gözyaşı film tabakasındaki homojen bir inceltme optik kalitede çok az bir etkiye neden olurken, gözyaşı film tabakasındaki bölgesel düzensizlikler göze gelen ışığın yolunda ve optik kalitede ciddi bozulmalara neden olabilirler.^{4,5} Birçok çalışmada gözyaşı dağılım bozukluğu, düzensizliği ve gözyaşı film tabakasındaki lokalize incelmelere bağlı olarak optik sistemde ilave aberasyonların oluştuğu bildirilmiştir. Oluşan bu ilave aberasyonlar da nihai retina görüntü kalitesinin azalmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla düzgün ve bozulmamış bir gözyaşı film tabakası iyi kalitede bir retina görüntüsü elde etmek için çok önemlidir.⁶⁻⁸

Kuru gözü olan ve anormal bir gözyaşı tabakası olan hastalarda suni gözyaşı damlalarının gözyaşı tabakasını düzelterek görme fonksiyonlarında artışa neden olması beklenmektedir. Bu çalışmanın amacı kuru gözü olan hastalarda suni gözyaşı damla öncesi ve sonrası korneanın yüksek sıralı optik aberasyonları değerlendirmek ve suni gözyaşı damlalarının korneanın wavefrontu üzerine olan etkilerini incelemektir.

Gereç ve Yöntem

Bu ileriye dönük çalışma Bozok Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı'nda yapıldı. Tüm araştırma Helsinki deklarasyonu kurallarına uygun şekilde ve hastaların bilgilendirilmiş onam formları alınarak yürütüldü.

Çalışma kapsamında ilk kez kuru göz tanısı konulan 30 hastanın 30 sağ gözü değerlendirildi. Görme keskinliği, otomatik tonometri ile göz içi basıncı ölçümü, ön ve arka segment değerlendirmesini içeren detaylı oftalmolojik muayene tüm bireylere yapıldı. Göz kapaklarında ağırlık hissi, bulanık görme ve göz kırpması ile değişen görme, gözde ipliksi mukus birikimi, yanma, kaşınma, gözde yabancı cisim hissi, fotofobi, göz yaşarması ve göz ağrısı gibi kuru gözü düşündüren semptomları olan hastalarda sırasıyla Schirmer (anestezili) ve gözyaşı kırılma zamanı (GKZ) testleri yapıldı. Göz yaşı kırılma zamanının 10 saniye ve altında ölçülmesi, Schirmer testinin 5 mm/5 dk altında olması anormal olarak kabul edildi. Bu iki testi anormal olan hastalar kuru göz olarak değerlendirildi ve çalışmaya alındı. Kuru göz dışında herhangi bir oküler ya da sistemik hastalığı olanlar, sistemik ilaç kullanan hastalar, kontakt lens kullananlar, oküler cerrahi veya oküler lazer hikayesi olanlar çalışma dışı bırakıldı.

Hastalar Schirmer ve GKZ testlerinden sonra, bu testlerin korneanın wavefrontu üzerinde olası etkilerinin geçmesi için yaklaşık 30 dakika kadar bekletildi. Bu bekleme süresinde tüm olgular oküler yüzey hastalığı indeksi anketini (OSDI; Ocular Surface Disease Index) tamamlayarak kuru göz semptomları açısından değerlendirildi.

Daha sonra tüm olgulara kombine Scheimpflug-Placido disk sistemi ile çalışan Sirius (Costruzione Strumenti Oftalmici, Florence, Italy) ön segment analiz sistemi ile kornea topografisi yapıldı. Hastalardan üçer kez ölçüm alındı ve her ölçümden hemen önce gözlerini bir kez kapatıp daha sonra hiç kapatmadan açmaları istendi. Daha sonra hastalara bir damla %0,15 sodyum hiyalüronat içeren suni gözyaşı damla (Eyestil®) damlatıldı. Damladan beş dakika sonra damla öncesi uygulanan işlemin aynı olacak şekilde ölçüm prosedürü tekrarlandı. İstatistiksel değerlendirmelerde damla öncesi ve sonrası alınan üçer ölçümün ortalaması kullanıldı.

Kornea aberasyonları cihaz tarafından korneanın yükseklik profilinin 6 mm açıklık çapında Zernike polinomları kullanılarak korneanın wavefrontuna çevrilmesiyle elde edildi. Korneanın wavefrontu değerlerinden yüksek sıralı aberasyonların (Zernike 3-6) karakök ortalama (RMS:Root mean square) değerleri, total RMS (toplam aberasyonlar), koma benzeri aberasyonlar, sferik benzeri aberasyonlar ve Strehl oranı değerlendirildi (Resim 2). Koma benzeri aberasyonlar $z(3\pm1)$ ve $z(5\pm1)$ 'in karelerinin toplamının karekökü ile bulundu (koma benzeri aberasyon= $\sqrt{z(3\pm1)^2 + z(5\pm1)^2}$). Sferik benzeri aberasyonlar ise $z(4,0)$ ve $z(6,0)$ 'in karelerinin toplamının karekökünün hesaplanması ile elde edildi (sferik benzeri aberasyonlar= $\sqrt{z(4,0)^2 + z(6,0)^2}$).

Sirius Topografi

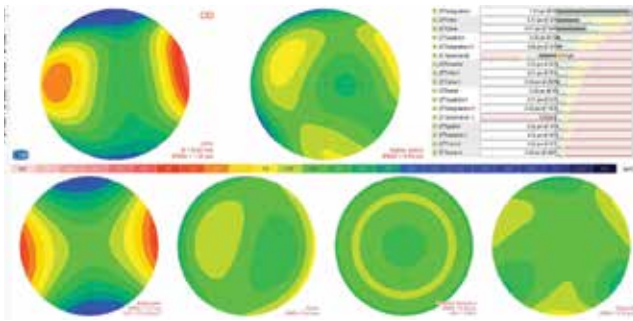
Sirius ÖAS yeni bir topografi cihazıdır. Cihaz monokromatik 360 derece rotasyon yapan Scheimpflug kamera ve 22 halkalı Placido diski kombine eder, kornea ve ön kamaradan 25 radyal kesit alır. Tek bir kesitte kornea ön ve arka yüzeyinin tanjansiyel ve aksiyel kurvatür bilgisini sağlar, korneanın global refraktif gücünü verir, çoğu göz içi yapıların biyometrik ölçümlerini verir, tüm korneanın pakimetri ve wavefront analizini sağlar. Cihaz kornea ön yüzey ölçüm verilerini Placido görüntüleri ve Scheimpflug görüntüleri uygun şekilde birleştirerek verirken, diğer iç yapıların ölçümlerinin tamamını Scheimpflug görüntüleme ile sağlar. Kornea ön yüzeyinden 35632 nokta ve kornea arka yüzeyinden 30000 nokta 475 nm mavi LED ışığı ile incelenir. Sirius cihazı ile korneanın wavefront analizi ışın takip metodu ile yapılmaktadır (Resim 1 ve 2).

İstatistiksel Analiz

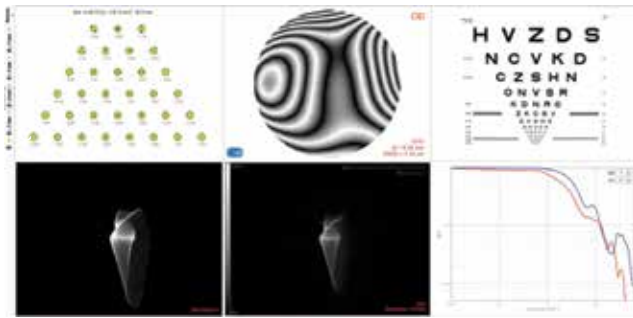
Elde edilen veriler 'SPSS' (statistical package for social sciences) for Windows '16.0' ortamında bilgisayara kaydedildi. Karşılaştırmalarda eşleştirilmiş iki grubun karşılaştırıldığı t testi kullanıldı. Değerlendirmeler %95 güvenilirlikte yapıldı ve p değeri 0,05'ten az olduğunda sonuçlar anlamlı kabul edildi.

Bulgular

Çalışmaya alınan hastalarının 17'si bayan 13'ü erkek idi. Hastaların ortalama yaşı $44,36\pm 13,22$ yıl idi. Ortalama GKZ



Resim 1. Sirius Kornea Topografisi Cihazı ile elde edilen Korneanın Wavefront parametreleri



Resim 2. Sirius Kornea Topografisi Cihazı ile PSF (point spread function), MTF (modüler transfer function) ve Strehl oranını gösteren görme kalitesi parametreleri

Tablo 1. Damla öncesi ve sonrası yüksek sıralı kornea aberasyonları

	Damla öncesi (µm)	Damla sonrası (µm)	P* değeri
Z (3±3)	0,212±0,10	0,142±0,09	<0,001
Z (3±1)	0,276±0,10	0,216±0,08	<0,001
Z (4±4)	0,110±0,08	0,072±0,07	0,041
Z (4±2)	0,081±0,06	0,061±0,04	0,098
Z (4,0)	0,247±0,11	0,216±0,07	<0,001
Z (5±5)	0,082±0,08	0,062±0,07	0,031
Z (5±3)	0,050±0,06	0,033±0,05	0,026
Z (5±1)	0,044±0,06	0,036±0,04	0,114
Z (6±6)	0,057±0,06	0,031±0,03	0,011
Z (6±4)	0,042±0,05	0,030±0,03	0,197
Z (6±2)	0,031±0,03	0,022±0,03	0,131
Z (6,0)	0,012±0,04	0,00±0,06	0,271

* eşleştirilmiş iki grubun karşılaştırıldığı t testi

4,78±2,78 saniye, ortalama Schirmer 3,58±2,45 mm/5 dakika olarak bulundu. Hastaların ortalama OSDI skoru 42,29±18,74 olarak bulundu.

Hastaların damla öncesi ve damla sonrası yüksek sıralı z (3-6) kornea wavefront aberasyonu sonuçları Tablo 1'de görülmektedir. Suni gözyaşı damlatıldıktan sonra korneanın total aberasyonunun 1,120±0,35 µm'dan 0,960±0,34 µm'a, yüksek

Tablo 2. Damla öncesi ve sonrası kornea aberasyonları ve Strehl oranı

	Damla öncesi (µm)	Damla sonrası (µm)	P* değeri
Toplam Aberasyon (Total RMS)	1,120±0,35	0,960±0,34	<0,001
Yüksek Sıralı Aberasyon	0,674±0,26	0,464±0,18	<0,001
Koma Benzeri aberasyonlar	0,283±0,10	0,238±0,09	<0,001
Sferik benzeri aberasyonlar	0,254±0,11	0,221±0,08	<0,001
Strehl oranı	0,114±0,4	0,199±0,6	<0,001

*eşleştirilmiş iki grubun karşılaştırıldığı t testi
RMS: Karakök ortalama (Root mean square)

sıralı aberasyonunun 0,674±0,26 µm'dan 0,464±0,18 µm'a, koma benzeri aberasyon değerlerinin 0,283±0,10 µm'dan 0,238±0,09 µm'a ve sferik benzeri aberasyon değerlerinin 0,254±0,11 µm'dan 0,221±0,08 µm seviyesine düştüğü görüldü (hepsi, p<0,001). Damla sonrası Strehl oranı 0,114±0,4 değerinden 0,199±0,6 değerine yükseldi (p<0,001) (Tablo 2).

Tartışma

Kornea yüzeyinin optik özellikleri retina görüntüsünün belirlenmesinde oldukça önemlidir çünkü insan gözündeki aberasyonların yaklaşık %80'i kornea ön yüzeyinde meydana gelmektedir.⁹ Wavefront temelli yapılan refraktif cerrahiler öncesi muayenede kornea aberasyonlarının cerrahi sonucu etkilememesi için doğru olarak ölçülmesi oldukça önemlidir. Tüm göze ait oküler wavefront ölçümleri Hartmann-Shack aberometri ile ölçülürken kornea aberasyonları topografi cihazları ile ölçülmektedir.¹⁰

Göz kırpma sonrası zaman geçtikçe gözyaşı film tabakasında değişiklikler ve düzensizlikler olmakta, bu da kornea ve toplam oküler aberasyonlarda artma ile sonuçlanmaktadır. Montes-Mico ve ark.¹¹ göz kırptıktan 20 saniye sonra optik kalitede %21±8 azalma olduğunu bildirmişlerdir. Gözün optik kalitesi dinamik bir yapıya sahiptir, gözyaşı filmi, akomodasyon, yaş, vitreus kavitesi problemleri, kornea topografisi ve pupil çapından etkilenmektedir. Normal hastalar ve kuru göz hastaları arasında gözyaşı filmi dinamikleri farklılıklar göstermektedir. Kuru gözü olan hastalarda gözyaşı film profiline zamanla değişme hızında artış görülmüştür.¹⁰ Hastalarımızda göz kırpmanın aberasyon üzerine olan etkilerini engellemek için ölçümden hemen önce gözlerini bir kez kapatıp açmaları ve daha sonra kırpmamaları istenmiştir.

Gözyaşı filminin fonksiyonlarını değerlendirmek için en sık kullanılan metod wavefront aberometri ölçümleridir. Kuru göz ve gözyaşı fonksiyon bozukluğu ile ilgili görme bulanıklığının ana nedeninin gözün optik kalitesinde meydana gelen azalma olduğu belirtilmiştir.⁷ Çeşitli metodlarla yapılan çalışmalarda (çift geçiş yöntemi¹², retroilluminasyon¹³, aberometri⁶, interferometri¹⁴ ve psikofiziksel kontrast duyarlılık testleri¹³) gözyaşı filmindeki kırılmanın gözün optik aberasyonlarında

artışa neden olduğu ve bunun da retinanın görüntü kalitesinde azalmaya yol açtığı bildirilmiştir. Montes-Mico ve ark.⁸ kuru göz hastalarında normal hastalara nazaran yüksek sıralı aberasyonların, koma ve sferik benzeri aberasyonların 2,5 kat daha fazla görüldüğünü belirtmişlerdir. Gözün optik sisteminin aberasyonlarının çok büyük bir oranının korneanın ön yüzeyden kaynaklandığını ve gözyaşı filmindeki düzensizliklerin kornea yüzeyinde düzensizliklere neden olduğunu bildirmişlerdir.

Bizim çalışmamızda normal gruptaki hastaların aberasyonları değerlendirilmemiştir. Fakat kuru göz hastalarının aberasyonları literatürde belirtilen¹⁵ normal hastaların korneal aberasyonlarına göre oldukça fazladır. Suni gözyaşı damladan beş dakika sonra yapılan ölçümlerde özellikle yüksek sıralı aberasyonlar, total aberasyonlar, koma benzeri ve sferik benzeri aberasyonlarda anlamlı azalma olduğu bulunmuştur. Çalışmamızın bu sonuçları da literatürle oldukça uyumludur.⁶⁻⁸

Suni gözyaşı damla sonrasında korneanın optik aberasyonlarının azalmasının nedeni kuru göz hastalarında gözyaşı filmindeki eksikliğin sonucu oluşan kornea düzensizliğinin azalmasıdır. İskeleli ve ark.¹⁶ çalışmalarında Sjögren sendromlu hastalarda suni gözyaşı damla sonrasında kornea topografisi ile belirlenen yüzey düzgünlük indeksinde ve yüzey asimetri indeksinde anlamlı azalmalar olduğunu ve hastaların potansiyel görme keskinliklerinin arttığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda kornea aberasyonlarının damla sonrasında azalması daha iyi bir kornea yüzeyinin sağlandığı anlamına gelmektedir.

Çalışmalarda suni gözyaşı damla sonrası görsel fonksiyonlarda anlamlı artış olduğu bildirilmiştir.^{4,16,17} Suni gözyaşı damla sonrasında oküler yüzeyde lubrikasyon oluşmakta, kuruluk ve yabancı cisim hissi gibi rahatsızlık semptomları düzelmekte, görsel fonksiyonlarda düzelme olmaktadır ve fotofobi azalmaktadır. Kuru göz hastalarında suni gözyaşı damla sonrasında MTF (Modüler Transfer Function) değerlerinde artış olduğu bildirilmiştir.¹² Huang ve ark.¹⁷ ise suni gözyaşı damlatıldıktan sonra kontrast duyarlılıkta artış bildirmişlerdir. Çalışmamızda hastaların görsel performansını değerlendirmek için damla sonrası görme keskinliği, kontrast duyarlılık gibi parametrelere bakılmamıştır. Bunun yerine görsel fonksiyonları değerlendirebilmek için Strehl oranına bakılmıştır, suni gözyaşı damla sonrasında Strehl oranında azalma olduğu görülmüştür. Strehl oranı nokta dağılım fonksiyonu (PSF; Point Spread Function) değeri ve ortamın optik kalitesi hakkında bilgi vermektedir. Strehl oranı 0 ile 1 arasında değişen bir değer almaktadır. Bu oranın bir olması ortamın aberasyonsuz olduğu anlamına gelmektedir. Aberasyonlar arttıkça Strehl oranı azalmaktadır.

Gözyaşı filminin gravitasyonel etkisi ve göz kırpmadan sonra oluşan düzeltici etki normal ve kuru göz hastalarında vertikal ve horizontal komada farklılık oluşmasını tetikleyebilir.¹⁸ Aköz ve lipid tabaka eksikliği olan hastalarda lipid tabaka inferiorda daha kalındır ve bu durumun koma benzeri aberasyonların asimetrik ve daha fazla olmasına neden olduğu bildirilmiştir.¹⁹ Suni gözyaşı damla sonrasında inferiordaki kalınlaşma ve oküler yüzey düzelmekte ve koma aberasyonun azalmasına neden olmaktadır. Kuru göz hastalarında gözyaşı filmi merkezde periferde göre daha incedir, bu durumda daha fazla pozitif sferik aberasyon

oluşumuna neden olmaktadır.²⁰ Çalışmamızda suni gözyaşı damla sonrasında merkezdeki incelmeyi düzeldiğini gösterecek şekilde sferik aberasyonda düzelme izlenmiştir.

Sonuç olarak gözyaşı film tabakası insan gözünün optik kalitesinde önemli bir yere sahiptir. Kuru gözü olan hastalarda normal kişilere göre daha fazla kornea aberasyonu bulunmaktadır. Bu da bu sendromdaki görme problemlerinin nedenini izah etmektedir. Kuru göz hastalarında suni gözyaşı damla ilavesi bu aberasyonları azaltarak gözün optik kalitesinde artışa neden olmaktadır. Suni gözyaşı damlaları oküler semptomları azaltmanın yanı sıra daha kaliteli görme sağlamaktadır ve kornea wavefront aberasyonları suni gözyaşı damlalarının faydalarını görebilmek için objektif bir araç olarak kullanılabilirler.

Kaynaklar

1. The epidemiology of dry eye disease: report of the Epidemiology Subcommittee of the International Dry Eye Workshop (2007). *Ocul Surf.* 2007;5:93-107.
2. The Definition and classification of dry eye disease: report of the Definition and Classification Subcommittee of the International Dry Eye Workshop (2007). *Ocul Surf.* 2007;5:75-93.
3. Goto E, Yagi Y, Matsumoto Y, Tsubota K. Impaired functional visual acuity of dry eye patients. *Am J Ophthalmol.* 2002;133:181-6.
4. Rieger G. The importance of the precorneal tear film for the quality of optical imaging. *Br J Ophthalmol.* 1992;76:157-8.
5. Koh S, Maeda N, Kurada T, et al. Effect of tear film break-up on higher-order aberrations measured with wavefront sensor. *Am J Ophthalmol.* 2002;134:115-7.
6. Montes-Mico R, Caliz A, Alio JL. Changes in ocular aberrations after installation of artificial tears in dry-eye patients. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30:1649-52.
7. Denoyer A, Rabut G, Baudouin C. Tear film aberration dynamics and vision-related quality of life in patients with dry eye disease. *Ophthalmology.* 2012;119:1811-8.
8. Montes-Mico R, Cervino A, Ferrer-Blasco T, Garcia-Lazaro S, Orti-Navarro S. Optical quality after instillation of eyedrops in dry-eye syndrome. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36:935-40.
9. Hamam H. A new measure for optical performance. *Optom Vis Sci.* 2003;80:175-84.
10. Montes-Mico R. Role of tear film in the optical quality of the human eye. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33:1631-5.
11. Montes-Mico R, Alio JL, Munoz G, Perez-Santonja JJ, Charman WN. Postblink changes in total and corneal ocular aberrations. *Ophthalmology.* 2004;111:758-67.
12. Albarran C, Pons AM, Lorente A, Montés R, Artigas JM. Influence of the tear film on optical quality of the eye. *Contact Lens Anterior Eye.* 1997;20:129-35.
13. Tutt R, Bradley A, Begley C, Thibos LN. Optical and visual impact of tear break-up in human eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2000;41:4117-23.
14. Szczesna DH, Kasprzak HT, Jaronksi J, Rydz A, Stenevi U. An interferometric method for the dynamic evaluation of the tear film. *Acta Ophthalmol Scand.* 2007;85:202-8.
15. Wang Li, Dai E, Koch DD, Nathoo A. Optical aberrations of the human anterior cornea. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29:1514-21.
16. İskeleli G, Kızılkaya M, Arslan OS, Ozkan S. The effect of artificial tears on corneal surface regularity in patients with Sjögren syndrome. *Ophthalmologica.* 2002;216:118-22.
17. Huang F-C, Tseng S-H, Shih M-H, Chen FK. Effect of artificial tears on corneal surface regularity, contrast sensitivity, and glare disability in dry eyes. *Ophthalmology.* 2002;109:1934-40.
18. Buehner T, Collins MJ, Iskander DR, Davis B, Lingelbach B. The stability of corneal topography in the post-blink interval. *Cornea.* 2001;20:826-33.
19. Goto E, Tseng SCG. Differentiation of lipid tear deficiency dry eye by kinetic analysis of tear interference images. *Arch Ophthalmol.* 2003;121:173-80.
20. Morgan PB, Soh MP, Efron N. Potential applications of ocular thermography. *Optom Vis Sci.* 1993;70:568-76.