

Pterjium Cerrahisi Sonrasında Korneal Astigmatizma ve Aberasyonlardaki Düzelmelerin Pterjium Boyu ve Alanı ile İlişkisi

The Relationship Between the Size and Area of Pterygium with the Improvement of Corneal Astigmatism and Aberrations After Pterygium Surgery

Mustafa KOÇ¹, Mehmet Murat UZEL², Emre AYDEMİR², Fuat YAVRUM², Kemal TEKİN², Pelin YILMAZBAŞ³

ÖZ

Amaç: Pterjiumun neden olduğu korneal astigmatizma ve yüksek sıralı aberasyonların cerrahi sonrasındaki düzelleme miktarını saptamak ve bunun pterjium boyutu ile olan ilişkisini değerlendirmek.

Gereç ve yöntem: Bu prospektif, nonrandomize çalışmaya primer nazal pterjiumu olan hastalar dahil edildi. Nüks pterjium hastaları, oküler cerrahi geçirmiş hastalar, keratokonus, korneal skar gibi korneal refraksiyonu ve aberasyonları etkileyecek ön segment patolojisi olan hastalar çalışmaya dahil edilmedi. Hastaların primer pozisyonda ön segment fotoğrafları çekildi (Haag-Streit BQ 900 imaging, Koeniz, Switzerland). Bu fotoğraflardan limbustan itibaren kornea üzerindeki pterjiumun boyu ve alanı Adobe Photoshop 6.0.1 programı ile hesaplandı. Aynı zamanda cerrahi öncesinde ve sonrası 1. ayda kornea topografisi çekildi. Korneanın ön yüz topografik astigmatizması ve merkezi 6.0 mm'lik alanda Zernike polinomlarıyla hesaplanan yüksek sıralı aberasyonları [koma, trefoil, sferik aberasyon, yüksek sıralı root mean square (YS-RMS) ve toplam RMS] Pentacam HR (Oculus Optikgeräte GmbH) ile değerlendirildi.

Bulgular: Çalışmaya 37 hastanın (25 erkek, 12 kadın) 37 gözü dahil edildi. Ortalama hasta yaşı 37.9 ± 7.3 (17-56 yaş), ortalama pterjium boyu 3.43 ± 1.17 mm (2.10-4.10 mm) iken ortalama pterjium alanı 6.43 ± 2.14 mm² (3.85-7.93 mm²) olarak ölçüldü. Cerrahi sonrasındaki astigmatizma düşüşü ($p < 0.01$), koma ($p < 0.01$), YS-RMS ($p = 0.01$) ve toplam RMS'de ($p = 0.01$) anlamlıyken trefoil ($p = 0.64$) ve sferik aberasyonda ($p = 0.22$) anlamlı değildi. Cerrahi sonrası astigmatizma, koma, YS-RMS ve toplam RMS'deki düzelleme miktarı hem pterjium boyu (sırayla $r = 0.712$, $r = 0.624$, $r = 0.562$, $r = 0.813$) hem de pterjium alanı (sırayla $r = 0.568$, $r = 0.524$, $r = 0.483$, $r = 0.623$) ile pozitif yönlü korelasyona sahipti. Ancak pterjium boyu ile olan korelasyon daha kuvvetliydi.

Sonuç: Pterjium cerrahisi korneal astigmatizma ve aberasyonlarda ciddi düzelleme sağlamakta dolayısıyla görsel kaliteyi arttırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Pterjium cerrahisi, korneal astigmatizma, korneal aberasyon.

ABSTRACT

Purpose: To evaluate the effect of pterygium surgery on corneal astigmatism and higher-order aberrations (HOAs) and its relationship with pterygium size.

Material and methods: Patients with nasal, primary pterygium were included. Exclusion criteria were a history of previous ocular surgery, recurrent pterygium, anterior segment pathologies that affect corneal aberrations and refraction such as keratoconus, corneal scarring. Anterior segment photos of the patients were taken in primary position before surgery (Haag-Streit BQ 900 imaging, Koeniz, Switzerland). The length and area of pterygium on the cornea were calculated from by AdobePhotoshop 6.0.1 programme. Topographic

1- Uz. Dr., Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları ve Cerrahisi, Ankara - TÜRKİYE

2- Asist. Dr., Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları ve Cerrahisi, Ankara - TÜRKİYE

3- Prof. Dr., Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları ve Cerrahisi, Ankara - TÜRKİYE

Geliş Tarihi - Received: 20.09.2016

Kabul Tarihi - Accepted: 13.12.2016

Glo-Kat 2017; 12: 198-202

Yazışma Adresi / Correspondence Address:

Mustafa KOÇ

Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları ve Cerrahisi, Ankara - TÜRKİYE

Phone: +90 542 846 4697

E-mail: kemal_htepen@hotmail.com

findings and HOAs data were evaluated preoperatively and one month postoperatively. Topographic astigmatism and HOAs [coma, trefoil, spherical aberration, higher order root mean square (HOA-RMS) and total RMS] of the anterior surface of the cornea were evaluated with Pentacam HR (Oculus OptikgeräteGmbH).

Results: Thirty seven eyes of 37 patients were enrolled. The mean age was 37.9 ± 7.3 (17-56 years), the pterygium length was 3.43 ± 1.17 mm (2.10-4.10 mm) and the pterygium area was 6.43 ± 2.14 mm² (3.85-7.93 mm²). Decrease in astigmatism ($p < 0.01$), coma ($p < 0.01$), HOA-RMS ($p = 0.01$) and total RMS ($p = 0.01$) after surgery were significant but trefoil ($p = 0.64$) and spherical aberration ($p = 0.22$) were not. Improvement in the astigmatism, coma, HOA-RMS and total RMS after surgery had a positive correlation with pterygium length ($r = 0.712$, $r = 0.624$, $r = 0.562$, $r = 0.813$ respectively) and pterygium area ($r = 0.568$, $r = 0.524$, $r = 0.483$, $r = 0.623$; respectively). However, the correlation with pterygium length was stronger than with the pterygium area.

Conclusion: Pterygium surgery provides substantial improvement on corneal astigmatism and aberrations thus increases the visual quality.

Key words: Pterygium surgery, corneal astigmatism, corneal aberration.

GİRİŞ

Pterijum displastik hale gelmiş bulber konjonktivanın korneayı invaze etmesidir. Etiyolojisi ve fizyopatolojisi tam olarak bilinmemektedir. Ultraviyole ışınlar, duman, düşük nem ve toz gibi çevresel faktörler önemli risk faktörleri olduğundan meslek ve coğrafik yerleşime göre prevalansı %1-24 arasında değişmektedir.^{1,2} Çoğunlukla asemptomatiktir. Ancak bazı durumlarda kozmetik problem, rekürren inflamasyon, göz hareketlerinde kısıtlılık, ve görme azlığı nedeniyle cerrahi eksizyon gerekebilmektedir.³⁻⁵ Görme azlığının nedeni sıklıkla astigmatizma bazen de optik aksın kapanmasıdır. Astigmatizma pterijumla kornea arasında gözyaşı göllenmesine ve pterijumun korneaya traksiyon uygulamasına bağlıdır.⁶ Bunun yanında pterijum korneal aberasyonları artırıp kontrast duyarlılığı düşürerek de görsel kaliteyi düşürür.⁷⁻¹⁰

Çalışmamızın amacı, pterijumun neden olduğu korneal astigmatizma ve aberasyonların cerrahi sonrasındaki düzelleme miktarını saptamak ve bunun pterijum boyutu ile olan ilişkisini değerlendirmektir. Çünkü literatürde astigmatizma hakkında yapılmış çok sayıda çalışma bulunmasına karşın aberasyonlar konusunda yapılmış çalışma sayısı sınırlıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu prospektif, nonrandomize çalışmaya Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesine başvuran, primer nazal pterijumu olan 37 hastanın 37 gözü dahil edildi. Çalışma için Ankara Numune Hastanesi'nden etik kurulu onayı alındı ve çalışma Helsinki Deklerasyonu'na göre yürütüldü. Nüks pterijum hastaları, oküler cerrahi geçirmiş hastalar, topikal ilaç kullanımı, keratokonus, korneal skar gibi korneal refraksiyonu ve aberasyonları etkileyecek ön segment patolojisi olan hastalar çalışmaya dahil edilmedi. Kozmetik problem, rekürren inflamasyon ve görme kaybı cerrahi endikasyon olarak kabul edildi. Hastaların cerrahi öncesinde tam oftalmolojik muayeneleri yapıp yazılı onamları alındı. Ardından primer pozisyonda ön segment fotoğrafları çekildi. Bu fotoğraflardan limbustan itibaren kornea üzerindeki pterijumun boyu ve alanı Adobe Photoshop 6.0.1 programı ile hesaplandı. Aynı zamanda cerrahi öncesinde ve sonrası

1. ayda kornea topografisi (Pentacam HR, Oculus OptikgeräteGmbH) çekildi. Pterijum cerrahisi sonrasında korneal topografinin ilk ayda stabilleştiği daha önceki çalışmalarda saptandığından takip bir ayla sınırlı tutuldu.^{11,12} Hastaların görme keskinlikleri cerrahi öncesinde ve sonrasında Snellen eşeli ile değerlendirilip logMAR'a (logarithm minimal angle resolution) çevrildi. Korneanın ön yüz topografik astigmatizması ve merkezi 6.0 mm'lik alanda Zernike polinomlarıyla hesaplanan yüksek sıralı aberasyonları [koma, trefoil, sferik aberasyon, yüksek sıralı root mean square (YS-RMS) ve toplam RMS] değerlendirildi.

Tüm hastaların cerrahisi subkonjonktival anestezi altında yapıldı. Anestezinin sağlanması ardından pterijum boyunu altından geçirilen şaşılık kroşesiyle pterijumun korneal kısmı küt olarak avulsiye edilip tüm pterijum dokusu tenonla birlikte eksize edildi. Hiçbir hastada kanama kontrolü amacıyla koter kullanılmadı. Eksizyon bölgesi aynı gözün üst temporalinden alınan konjonktival otogreftin, limbus-limbusa gelecek şekilde sütürasyonu ile kapatıldı. Cerrahi sonrasında bir hafta topikal ofloksasin, 3 hafta boyunca topikal loteprednol ve suni gözyaşı kullanıldı. Takiplerde hiçbir hastada komplikasyon gelişmedi.

İstatistiksel analizler SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) programı kullanılarak yapıldı. Tüm değerler ortalama değer \pm standart sapma olarak sunuldu. Normalite Shapiro-Wilk testi ile değerlendirildi. Veriler normal dağılıma uymadığından cerrahi sonrası değişim Wilcoxon testi ile değerlendirildi. Cerrahi sonrası görme keskinliğinde, astigmatizmada ve aberasyonlardaki değişimin pterijum boyu ve alanı ile olan korelasyonu ve görme keskinliğindeki değişimin astigmatizma ve aberasyonlardaki değişim ile olan ilişkisi Spearman's Rho testi ile değerlendirildi. P değeri 0.05'in altında anlamlı kabul edildi. Astigmatizmada en az 0.5 diyoptri (D) değişim yapan kritik pterijum boyunu saptamak için Receiver operating characteristics (ROC) analizi yapıldı.

BULGULAR

Çalışmaya 37 hastanın (25 erkek, 12 kadın) 37 gözü dahil edildi. Ortalama hasta yaşı 37.9 ± 7.3 (17-56 yaş), ortalama

pterjium boyu 3.43 ± 1.17 mm (2.10-4.10 mm) iken ortalama pterjium alanı 6.43 ± 2.14 mm² (3.85-7.93 mm²) olarak ölçüldü. Tablo 1'de gözlerin cerrahi öncesi ve sonrası 1. aydaki verileri görülmektedir. Astigmatizmaların %64'ü kurala uygun (düz aks 0°-30° / 150°-180° arası), %14'ü kurala aykırı (düz aks 60°-120° arası) %22'i ise oblik (30°-60° / 120°-150° arası) astigmatizmaydı. Cerrahi sonrasında astigmatizma düşüşü, koma, YS-RMS ve toplam RMS'de anlamlıyken trefoil ve sferik aberasyonda anlamlı değildi. Tablo 2'de cerrahi sonrasında oluşan fark ve bu farkın pterjium boyu ve alanı ile olan korelasyonu görülmektedir. Cerrahi sonrası astigmatizma, koma, YS-RMS ve toplam RMS'deki düzelleme miktarı hem pterjium boyu hem de pterjium alanı ile pozitif yönlü korelasyona sahipti. Ancak pterjium boyu ile olan korelasyon daha kuvvetliydi. Astigmatizmada (düz aksta) 0.5 D değişiklik meydana getiren pterjium boyu 2.63 mm (eğri altında kalan alan= 0,812, CI₉₅=0,646-0,926) olarak saptandı. Görme keskinliğindeki değişim ile astigmatizma ve

aberrasyonlardaki değişimin ilişkisine bakıldığında koma ve toplam RMS arasında anlamlı pozitif yönlü bir ilişki saptandı ($r=0.625$, $p=0.04$, $r=0.742$, $p=0.02$ sırasıyla). Yani koma ve toplam RMS değerlerindeki düşme miktarı arttıkça görme keskinliğindeki düzelmeye artıyordu.

TARTIŞMA

Pterjium kırsal kesimde yaşayan nüfusun fazla olması nedeniyle ülkemizde sık (%7.8) görülen oküler yüzey problemlerinden biridir.² Korneanın yapısal ve fonksiyonel özelliklerini inceleyen yöntemler geliştikçe pterjiumun korneanın üzerindeki etkisi daha iyi anlaşılacaktır. Bir çok çalışmada pterjiumun korneayı sadece yapısal olarak invaze etmekle kalmadığı, kornea biyomekaniğini değiştirdiği,^{13,14} astigmatizma ve aberrasyonları artırarak korneanın fonksiyonunu etkilediği gösterilmiştir.^{3-5,7} Pterjium hastaların çoğunda hiçbir semptomu yol açmaz. Semptomatik olgularda ise kesin çözüm cerrahi eksizyondur. Çalışmamızın amacı

Tablo 1: Pterjium cerrahisi sonrasında görme, astigmatizma ve aberrasyon değerleri

Parametre	Preoperatif	Postoperatif 1. ay	p
DGK (logMAR)	0.22±0.09	0.09±0.02	<0.01
Astigmatizma (D)	2.41±0.91	0.84±0.62	<0.01
Trefoil (μ)	0.08±0.24	0.07±0.12	0.64
Koma (μ)	0.14±0.70	0.02±0.30	<0.01
Sferik aberrasyon (μ)	0.32±0.76	0.28±0.14	0.22
YS-RMS (μ)	0.53±0.31	0.32±0.18	0.01
Toplam RMS (μ)	1.73±1.74	0.96±0.70	0.01

DGK: Düzeltilmiş görme keskinliği logMAR: logarithm minimum angle resolution
YS-RMS: Yüksek-sıralı root mean square p<0.05: istatistiksel olarak anlamlı

Tablo 2: Pterjium cerrahisi sonrasında görme keskinliği, astigmatizma ve aberrasyonlardaki değişim ve bunların pterjium boyu ve alanı ile olan korelasyonu.

Parametre	Fark Preop-Postop 1.ay	Pterjium boyu		Pterjium alanı	
		r	p	r	p
Görme (logMAR)	0.13±0.1	0.601	0.03	0.402	0.04
Astigmatizma (D)	-1.57±1.02	0.712	<0.01	0.568	0.01
Trefoil (μ)	-0.01±0.13	0.193	0.19	0.120	0.50
Koma (μ)	-0.08±0.09	0.624	0.01	0.524	0.02
Sferik aberrasyon (μ)	-0.04±0.16	0.188	0.12	0.483	0.01
YS-RMS (μ)	-0.21±0.63	0.562	0.01	0.325	0.02
Toplam RMS (μ)	-0.77±0.26	0.813	<0.01	0.623	<0.01

logMAR: logarithm minimum angle resolution, D: dioptri, YS-RMS: Yüksek-sıralı root mean square
p<0.05: istatistiksel olarak anlamlı

da pterjium cerrahisi ile korneal astigmatizma ve aberasyonlardaki düzelme miktarını saptamak ve düzelmelerin pterjiumun boyutuyla olan ilişkisini değerlendirmektir.

Gözün optik yapısından kaynaklanan ve görsel kaliteyi sınırlayan başlıca faktörler aberasyonlar, difraksiyon ve saçılmadır. Aberasyon odaklanan cisimden göze gelen ışığın gözün optik sistemlerinde ideal görüntü oluşturacak pozisyonlardan sapmasıdır.¹⁵ Oküler aberasyonlar kromatik ve monokromatik aberasyonlar olmak üzere ikiye ayrılır. Kromatik aberasyonlar gözün optik elemanlarının refraktif indeksinin ışığın dalga boyuna göre farklılık göstermesinden kaynaklanırken; monokromatik aberasyonlar tek dalga boyundaki ışığın uğradığı sapsmalar olup wavefront ölçümleri ile analiz edilmektedir.¹⁶ Bu ölçümlere göre oküler aberasyonlar düşük ve yüksek sıralı aberasyonlar olmak üzere iki kategoride incelenir. Düşük sıralı aberasyonlar birinci ve ikinci sıralı aberasyonlardır. Üçüncü ve üzeri sıradaki aberasyonlar ise yüksek sıralı aberasyonlar olup klasik optik düzeltme araçları ile düzeltilemezler. Üçüncü sıralı aberasyonların en önemli olanı koma aberasyondur. Aynı meridyendeki hipermetropik alanın komşuluğundaki miyopik alanı temsil eder. Trefoil diğer üçüncü sıralı aberasyondur ve görmeyi daha az etkiler. Sferik aberasyon dördüncü sıralı aberasyondur ve özellikle korneanın asferik yapısından kaynaklanır. Diğer dördüncü sıralı aberasyon olan tetrafoil ve üst sıradaki aberasyonlar ise görme kalitesini çok etkilemezler. İnsanlarda görme kalitesini etkileyen en önemli aberasyonlar sferik aberasyon ve komadır.¹⁷ Çalışmamızda da pterjium cerrahisi sonrasında koma ve toplam RMS miktarındaki düşme arttıkça görmedeki düzelmelerin de arttığı saptandı.

Pterjium genelde nazal kadranda geliştiğinden horizontal eksende korneada düzleşme ve gözyaşı göllenmesi yapar. Dolayısıyla gelişen astigmatizma genelde kurala uygundur. Ancak kurala aykırı ve oblik astigmatizma da gelişebilmektedir.³⁻⁵ Bu konuda yapılmış çalışmaların tama yakınında astigmatizma miktarının pterjiumun boyu ile korele olduğu saptanmıştır. Ancak kaç mm'den sonra astigmatizma ciddi artış göstermektedir sorusuna yönelik yapılan çalışmalarda kesin bir sonuca ulaşılamamış 2.0-3.0 mm arasında değişen sonuçlar alınmıştır.¹⁸⁻²⁰ Çalışmamızda da ortalama pterjium boyu 3.43 mm, oluşturduğu astigmatizma 2.41 D olup bunların %64'ü kurala uygun astigmatizmaydı. Yine çalışmaların tama yakınında cerrahi eksizyon sonrasında astigmatizmadaki düşüş miktarının pterjiumun boyu ile doğru orantılı olduğu saptanmıştır.^{3-5,7,12,21} Cerrahi yöntemin düşüş miktarını etkileyip etkilemediği ise tartışmalıdır. Cerrahi yöntemin postoperatif astigmatizmayı etkilemediğini belirten yayınlar²¹ olduğu gibi primer kapamayla daha az astigmatizma kaldığını belirten yayınlarda mevcuttur.^{19,20} Çalışmamızda da otogreftli pterjium eksizyonu yöntemi kullanılmış, literatür verileriyle uyumlu olarak astigmatizmada 1.57 D düşüş arta kalan astigmatizma miktarı ise 0.84 D olarak saptanmıştır.^{12,21-23} Yine literatüre uygun şekilde saptadığımız

düşüş miktarı hem pterjiumun boyu hem de alanı ile pozitif yönlü korelasyona sahipti.^{12,21} Ancak pterjium boyu ile olan korelasyonu daha kuvvetliydi. Astigmatizmanın tamamen düzelmemesi pterjium gelişmeden önce astigmatizma mevcudiyetine, pterjiumun Bowman tabakası ve ön stromada yaptığı kalıcı yapısal değişikliklere ve cerrahinin kendisine bağlı olabileceğini düşünmekteyiz.

Pterjium cerrahisinin astigmatizma üzerine etkisi ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmışken korneal aberasyonlar üzerine yapılmış çalışma sayısı sınırlıdır. Bu çalışmaların ilki olan Pesudovs'un⁸ çalışmasında en fazla trefoilde olmak üzere tüm yüksek sıralı aberasyonlarda pterjium boyu ile orantılı artış saptanmıştır. Cerrahi sonrasında ciddi düşme gözlenmesine rağmen aberasyonlar yine de normal değerlerin üzerinde kalmıştır. Zare ve ark²⁴ ise pterjiumun etkisini hastaların diğer sağlıklı gözleriyle karşılaştırma yaparak değerlendirmişler, pterjiumlu gözlerde koma ve trefoilde ciddi artış sferik aberasyonda ise değişiklik olmadığını saptamışlardır. Gümüş ve ark⁷ ile Özgürhan ve ark²⁵ ilave olarak pterjium cerrahisinin etkisini de değerlendirmiş, tüm yüksek sıralı aberasyonların cerrahi sonrasında pterjium boyu ile orantılı olarak düştüğünü ancak bunun sferik aberasyon da anlamlı olmadığını saptamışlardır. Bir başka çalışmada ise yine cerrahi sonrasında tüm yüksek sıralı aberasyonlar da düşme olduğu saptanmış ancak trefoildeki düşüşün anlamlı olmadığı görülmüştür.²⁶ Bizim çalışmamızda da hem pterjium boyu hem de alanı ile orantılı olarak koma, YS-RMS ve toplam RMS'de anlamlı düşme saptanırken trefoil ve sferik aberasyondaki düşme anlamlı bulunmamıştır. Çalışmamızda ve önceki çalışmalarda pterjiumun sferik aberasyonu etkilemediğinin saptanmış olması pterjium ve katarakt olan hastalarda sferik/asferik göz içi lensi seçimi konusunda bize yol gösterici olacaktır.

Çalışmamızın ve önceki çalışmaların bazı dezavantajları vardır. Öncelikle astigmatizma, koma ve trefoildeki cerrahi sonrası düşüşün daha yüksek doğrulukla saptanması vektör analizini gerektirir. Bunun yapılmamış olması en büyük dezavantajımızdır. Bu çalışmaların ikinci dezavantajı pterjiumun sadece boyutlarının değerlendirilmiş olması morfolojisinin dikkate alınmamış olmasıdır. Oysa bilindiği gibi pterjiumun morfolojisi davranışını etkilemektedir.²⁷ Üçüncü dezavantajımız hastaların yaşını dikkate almamış olmamızdır. Çünkü yaşla birlikte korneal aberasyonların durumu ve cerrahi sonrası davranışı değişmektedir.¹²

Sonuç olarak pterjium cerrahisi korneal astigmatizma ve aberasyonlarda ciddi düzelme sağlamakla dolayısıyla görsel kaliteyi arttırmaktadır. Ancak bu verilerin daha geniş hasta sayısı ve uzun takip süresi olan çalışmalarla doğrulanması gerekir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- 1- Liu L, Wu J, Geng J, et al. Geographical prevalence and risk factors for pterygium: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2013; 19: 3. doi: 10.1136/bmjopen-2013-003787
- 2- Gümüş E, Yaşar İ. Pterjium oluşmasında mesleğin etkileri. *Türk J Ophthalmol*. 2013; 43: 245-9.
- 3- Bahar I, Loya N, Weinberger MD et al. Effect of pterygium surgery on corneal topography: a prospective study. *Cornea*. 2004; 23: 113-7.
- 4- Yağmur M, Özcan AA, Sarı S, ve ark. Visual acuity and corneal topographic changes related with pterygium surgery. *J Refract Surg*. 2008; 24: 160-5.
- 5- Cinal A, Yaşar T, Demirok A et al. The effect of pterygium surgery on corneal topography. *Ophthalmic Surg Lasers*. 2001; 32: 35-40.
- 6- Oldenburg JB. Conjunctival pterygia: mechanism of corneal topographic changes. *Cornea*. 1990; 9: 200-4.
- 7- Gumus K, Erkilic K, Topaktas D, et al. Effect of pterygia on refractive indices, corneal topography, and ocular aberrations. *Cornea*. 2011; 30: 24-9.
- 8- Pesudovs K, Figueiredo FC. Corneal first surface wavefront aberrations before and after pterygium surgery. *J Refract Surg*. 2006; 22: 921-5.
- 9- Applegate RA, Hilmantel G, Howland HC, et al. Corneal first surface optical aberrations and visual performance. *J Refract Surg*. 2006; 16: 507-14.
- 10- Oh JY, Wee WR. The effect of pterygium surgery on contrast sensitivity and corneal topographic changes. *Clin Ophthalmol*. 2010; 4: 315-9.
- 11- Tomidokoro A, Miyata K, Sakaguchi Y et al. Effects of pterygium on corneal spherical power and astigmatism. *Ophthalmology*. 200; 107: 1568-71.
- 12- Kheirkhah A, Safi H, Molaei S, et al. Effects of pterygium surgery on front and back corneal astigmatism. *Can J Ophthalmol*. 2012; 42: 423-8.
- 13- Gros-Otero J, Perez-Rico C, Montes-Mollon MA, et al. Effects of pterygium on the biomechanical properties of the cornea: A pilot study. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2013; 88: 134-8.
- 14- Öner V, Taş M, Özkaya E ve ark. Influence of pterygium on corneal biomechanical properties. *Curr Eye Res*. 2015; 16: 1-4.
- 15- Applegate RA. Glenn Fry award lecture 2002. Wavefront sensing, ideal corrections and visual performance. *Optom Vis Sci*. 2004; 81: 167-177.
- 16- Salmon TO, van de Pol C. Normal-eye Zernike coefficients and root-mean square wavefront errors. *J Cataract Refract Surg*. 2006; 32: 2064-74
- 17- Polat N, Aydın EY, Tuncer İ. Optik aberasyonlar ve wavefront. *Türk J Ophthalmol* 2014; 44: 306-11
- 18- Salih PM, Sharif AF. Analysis of pterygium size and induced corneal astigmatism. *Cornea* 2008; 27: 434-8.
- 19- Ermiş SS, İnan Ü, Öztürk F. Pterjium büyüklüğü ve astigmatizma arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi. *T Klin J Ophthalmol*. 2001; 10: 171-4.
- 20- Öner FH, Kaderli B, Durak I ve ark. Analysis of the pterygium size inducing marked refractive astigmatism. *Eur J Ophthalmol*. 2000; 10: 212-4.
- 21- Yayıoğlu RA, Küçükerdönmez C, Karalezli A ve ark. Astigmatic changes following pterygium removal: Comparison of 5 different methods. *Indian J Ophthalmol*. 2013; 61: 104-8.
- 22- Yılmaz S, Yüksel T, Maden A. Corneal topographic changes after four types of pterygium surgery. *J Refract Surg* 2008; 24: 160-5.
- 23- Wu PL, Kou CN, Hsu HL et al. Effect of pterygium surgery on refractive spherocylinder power and corneal topography. *Ophthalm Surg Lasers Imaging*. 2009; 40: 32-7.
- 24- Zare M, Ghanavati SZ, Astaneh MA et al. Effects of pterygium on ocular aberrations. *Cornea* 2010; 29: 1232-5.
- 25- Özgürhan EB, Kara N, Cankaya Kİ et al. Corneal wavefront aberrations after primary and recurrent pterygium surgery. *Eye&Contact Lens*. 2015; 41: 378-81.
- 26- Razmjoo H, Vaezi MH, Peyman A et al. The effect of pterygium surgery on wavefront analysis. *Adv Biomed Res*. 2014; doi: 10.4103/2277-9175.140677.
- 27- Tan DT, Chee SP, Dear KB et al. Effect of pterygium morphology on pterygium recurrence in a controlled trial comparing conjunctival autografting with bare sclera excision. *Arch Ophthalmol*. 1997; 115: 1235-40.