

Küçük Kesili Katarakt Ameliyatı Sonrasında Korneal Düzensiz Astigmatizmanın Fourier Analizi

Fourier Analysis of Corneal Irregular Astigmatism After Small Incision Cataract Surgery

Ufuk ADIGÜZEL¹, Ayça SARI¹, Münevver YEŞİLLİ², Gülsüm ERKAYHAN², Özay ÖZ³

Klinik Çalışma

Original Article

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, küçük kesili katarakt ameliyatının korneal düzensiz astigmatizmaya etkisini korneal topografi verilerinin fourier analizi kullanarak araştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Kataraktı bulunan 22 hastanın 32 gözü çalışmaya dahil edildi. Katarakt ameliyatı, 3.5 mm'lik üst korneal kesi ile yapıldı ve bütün gözlerle katlanabilir göz içi lensi yerleştirildi. Korneaların topografik incelemesi ve topografik verilerin fourier analizi ameliyat öncesinde ve ameliyattan en az 2 ay sonra yapıldı. Ameliyat öncesine ve sonrasına ait fourier analiz bileşenleri; sferik güç, düzenli astigmatizma, asimetri ve ileri seviyede düzensizlik değerleri bağımlı gruplar t-test'i ile karşılaştırıldı.

Bulgular: Korneal sferik güç ve asimetri, 3 mm ve 6 mm'lik her iki zonda belirgin olarak değişmemiştir ($p>0.05$). Ameliyattan sonra 3 mm'lik zonda düzenli astigmatizma ve ileri seviyede düzensizlik ameliyat öncesi değerlerden farklı değildi, oysa ameliyattan sonra 6 mm'lik zondaki düzenli astigmatizmanın ve ileri seviyede düzensizliğin belirgin olarak arttığı saptanmıştır.

Sonuç: Fourier analizinin 6 mm zondaki düzenli astigmatizma ve ileri seviyede düzensizlik bileşenleri, 3.5 mm'lik üst korneal kesi aracılığı ile yapılan katarakt ameliyatından sonra artmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Katarakt ameliyatı, düzensiz astigmatizma, fourier analizi.

ABSTRACT

Purpose: To evaluate the effect of small incision cataract surgery on corneal irregular astigmatism with Fourier analysis of corneal topography data.

Materials and Methods: Thirty-two eyes of 22 patients with cataract were included in the study. Cataract surgery was performed through a 3.5 mm superior corneal incision and a foldable intraocular lens was implanted in all eyes. Corneal topographic examinations and Fourier analysis of the topographic data were performed preoperatively and at least 2 months after the surgery. Pre- and postoperative Fourier analysis components, i.e. spherical power, regular astigmatism, asymmetry, and higher order irregularity values, were compared using a paired samples t-test.

Results: Corneal spherical power and asymmetry were not significantly changed in the central 3 mm or 6 mm zone ($p<0.05$). Postoperative regular astigmatism and higher order irregularity in the 3 mm zone were not different from preoperative values, whereas regular astigmatism and higher order irregularity in the 6 mm zone were significantly increased postoperatively.

Conclusion: Both the regular astigmatism and higher order irregularity components of Fourier analysis in the 6 mm zone increased significantly after cataract surgery through a 3.5 mm superior corneal incision.

Key Words: Cataract surgery, irregular astigmatism, Fourier analysis.

Glo-Kat 2008;3:125-129

Geliş Tarihi : 20/02/2008

Kabul Tarihi : 31/03/2008

Received : February 20, 2008

Accepted : March 31, 2008

- 1- Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları A.D., Mersin, Yard. Doç. Dr.
- 2- Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları A.D., Mersin, Asist. Dr.
- 3- Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları A.D., Mersin, Doç. Dr.

- 1- M.D. Assistant Professor, Mersin University Faculty of Medicine, Department of Ophthalmology Mersin/TURKEY
ADIGÜZEL U., adiguzelu@mersin.edu.tr
SARI A., docayc@yahoo.com
- 2- M.D. Assistant Professor, Mersin University Faculty of Medicine, Department of Biochemistry Mersin/TURKEY
YEŞİLLİ M., yesilli-m@hotmail.com
ERKAYHAN G.,
- 3- M.D. Associate Professor, Mersin University Faculty of Medicine, Department of Ophthalmology Mersin/TURKEY
ÖZ Ö., drozayoz@yahoo.com

Correspondence: M.D. Assistant Professor, Ufuk ADIGÜZEL
Mersin University Faculty of Medicine, Department of Ophthalmology Mersin/TURKEY

GİRİŞ

Fakoemülsifikasyon ile katarakt ameliyatında dikişsiz küçük korneal kesi cerrahların tercih ettiği bir yaklaşımdır. Ancak korneal kesi, yapıldığı eksende düzleşmeye neden olur. Yapılan çalışmalar ameliyat ile oluşan korneal astigmatizmanın, korneal kesinin büyüklüğüne, korneal kesinin üst, temporal veya nazal yerleşimli olmasına, ameliyat öncesinde var olan astigmatizmaya ve bunun büyüklüğüne bağlı olduğunu göstermektedir.¹⁻¹⁶ Bununla birlikte, korneal kesi düzenli astigmatizma kadar düzensiz astigmatizmaya da neden olmaktadır.¹⁷⁻¹⁹ Düzenli astigmatizma ameliyat sırasında kesi yerinin ve büyüklüğünün ayarlanması ile azaltılabilir veya gözlük camları ile görme düzeltilebilir. Ancak oluşan düzensiz astigmatizma silindirik gözlük camları ile düzeltilemediğinden görme kalitesini bozar.¹⁸

Fourier analizi, korneal astigmatizmanın düzenli ve düzensiz bileşenlerini kantitatif olarak ayırmak amacı ile kullanılmaktadır. Korneal topografi verilerini matematiksel olarak ayrıştıran fourier analizi korneanın kırma gücünü sferik güç, düzenli astigmatizma, asimetri (desantralizasyon) ve ileri seviyede düzensizlik (higher order irregularity; HOI) olarak 4 indekste göstermektedir. Sferik güç ve düzenli astigmatizma standart keratometrik parametreleri tanımlamaktadır. Asimetri, videokeratoskopun aksına göre korneanın bir yöne doğru eğikliğini, HOI ise retina görüntü kalitesini bozan optik kusurları göstermektedir.²⁰⁻²³ Fourier analizi ile yapılan çalışmalarda saptanan düzenli astigmatizma ve silindirik gözlük camları kullanılarak düzeltilemeyen korneal düzensizliklerin düzeltilmiş görme keskinliği ile ilişkili olduğu bildirilmiştir.²⁰ Fourier analizi ile saptanan düzenli astigmatizma değeri refraktometri ve keratometri ile saptanandan daha düşük olup düşük astigmatik düzeltme ile saptanan görme düzeyleri daha iyidir.²³

Katarakt ameliyatının kornea yüzeyinde oluşturduğu değişiklikleri araştıran korneal topografi çalışmalarında fourier analizi daha çok ameliyatın neden olduğu düzenli astigmatizmanın saptanması ve ameliyat sonrasında oluşan düzenli astigmatizmanın önlenmesi veya ameliyat öncesinde var olan düzenli astigmatizmanın giderilmesi amacı ile yapılmıştır.^{14,17,24,25} Bununla birlikte, katarakt ameliyatı sonrasında küçük korneal kesinin düzensiz

astigmatizmaya yol açtığını, ancak kesi büyüklüğüne göre kısa süre içinde topografik düzelmenin geliştiği bildirilmiştir.¹⁷⁻¹⁹

Bu çalışmamızda, üst korneal yerleşimli 3.5 mm'lik kesi ile fakoemülsifikasyon ve katlanabilir göz içi lens (GİL) yerleştirilmesi ameliyatı yapılan hastalarda ameliyatın neden olduğu korneal düzensiz astigmatizmanın fourier analizi ile araştırılması amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

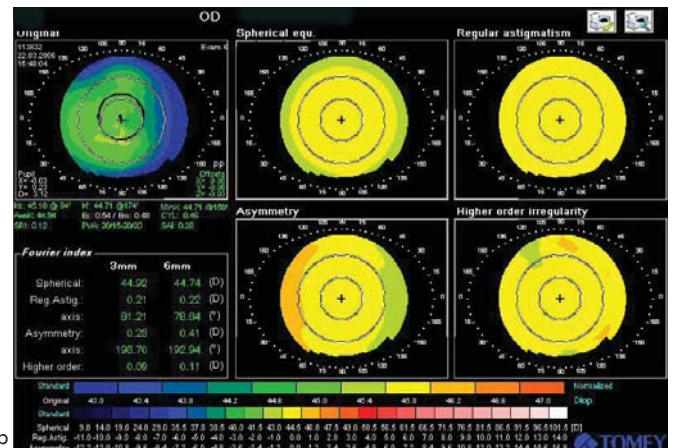
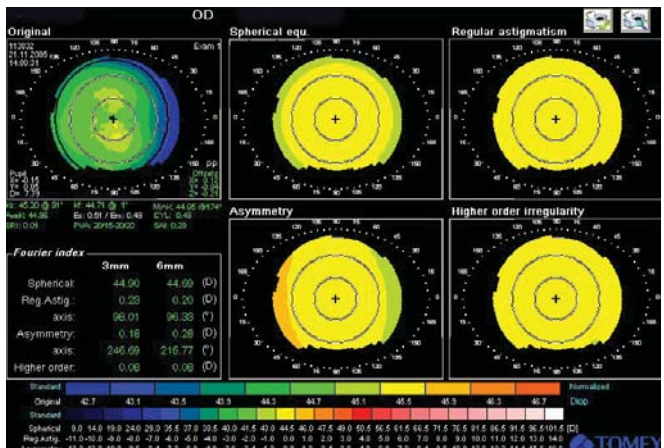
Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Kliniğinde katarakt tanısı ile takip edilen 22 hastanın 32 gözü çalışmaya dahil edilmiştir. Hastalara üstten saat 11.0-125 arasından (sağ göze üst-temporal, sol göze üst-nazal) 30 mm'lik korneal kesiden komplikasyonsuz fakoemülsifikasyon ile katarakt ameliyatı ve kesi 3.5 mm'ye genişletilerek lens kapsülü içerisine hidrofobik akrilik tek parça katlanabilir GİL (Acrysof SA60AT, Alcon) yerleştirilmesi yapılmıştır. Hastaların 13'ünde sağ, 3'ünde sol ve 8'inde 1 ay ara ile her iki göz aynı cerrah (UA) tarafından ameliyat edilmiştir. Hastaların ameliyattan önce TMS-4 (Tomey GmbH, Almanya) kullanılarak yapılan korneal topografi değerleri ve TMS-4 cihazı işletim sisteminde var olan Fourier analizi ile elde edilen değerler ortalama 5.60 ± 2.21 aylık takip sonrası (2-9 ay arasında) yapılan inceleme sonuçları ile karşılaştırılmıştır (Resim 1). Göz yüzeyi hastalığı bulunan (kuru göz, blefarit vb) veya korneal topografide düzensizlik saptanan hastalar çalışma dışı bırakılmıştır.

Bulguların istatistiksel değerlendirmesi SPSS 11,.5 programı kullanılarak "eşleştirilmiş t-test'i" ile yapıldı. P değeri <0.05 olan sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

SONUÇLAR

Hastaların yaş ortalaması 64.14 ± 5.95 yıl (57 ile 78 yaş) olup 22 hastanın 7'si bayan, 15'i erkek idi. Otuziki ameliyatın 21'i sağ göze, 11'i ise sol göze yapılmıştır.

Hastaların ameliyat öncesinde ve ameliyattan sonra elde edilen korneal topografi verilerinin karşılaştırılması sonucunda ortalama sferik, silindirik değerlerinde ve yüzey düzen indeksi (SRI) ile yüzey asimetri indeksi



Resim 1 a-b: Fakoemülsifikasyon ile katarakt cerrahisi yapılan bir hastanın ameliyat öncesi (a) ve sonrası (b) fourier analizi renkli haritaları.

Tablo 1: Fakoemülsifikasyon ile katarakt cerrahisi yapılan hastaların ameliyat öncesi ve sonrası topografik değerleri.

	Preoperatif Ort±SD	Postoperatif Ort±SD	p*
Silindir	0.94±0.56	0.92±0.63	0.829
SRI	0.31±0.22	0.34±0.38	0.672
SAI	0.55±0.49	0.59±0.57	0.727

* p değeri bağımlı guruplar t-test'i sonucudur, SRI; Yüzey düzen indeksi, SAI; Yüzey asimetri indeksi.

Tablo 2: Fakoemülsifikasyon ile katarakt cerrahisi yapılan hastalarının ameliyat öncesi ve sonrası fourier analizi 3 mm zon değerleri.

	Preoperatif Ort±SD	Postoperatif Ort±SD	p*
Sferik güç	44.01±2.19	44.18±2.03	0.284
Düzenli astigmatizma	0.47±0.26	0.58±0.61	0.190
Asimetri	0.51±0.39	0.48±0.34	0.699
HOI	0.14±0.05	0.23±0.26	0.065

* p değeri bağımlı guruplar t-test'i sonucudur, HOI; İleri seviyede düzensizlik.

Tablo 3: Fakoemülsifikasyon ile katarakt cerrahisi yapılan hastalarının ameliyat öncesi ve sonrası fourier analizi 6 mm zon değerleri.

	Preoperatif Ort±SD	Postoperatif Ort±SD	p*
Sferik güç	43.86±2.12	43.96±1.93	0.326
Düzenli astigmatizma	0.41±0.22	0.51±0.39	0.011
Asimetri	0.57±0.35	0.54±0.27	0.703
HOI	0.15±0.04	0.28±0.21	0.001

* p değeri bağımlı guruplar t-test'i sonucudur. HOI; İleri seviyede düzensizlik.

sinde (SAI) istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p>0.05$), (Tablo 1).

Korneal topografi verilerinin fourier analizi, kornea merkezinde 3 mm ve 6 mm'lik zonlarda ayrı olarak araştırıldı. Merkezi 3 mm'lik zonda sferik güç, düzenli astigmatizma, asimetri ve HOI'de cerrahi sonrası anlamlı değişme saptanmadı ($p>0.05$). HOI'de artış olmasına rağmen fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p=0.065$), (Tablo 2). Merkezi 6 mm'lik zonda ise sferik güç ve asimetri değerleri değişmezken ($p>0.05$), düzenli astigmatizma ($p=0.011$) ve HOI'de ($p=0.001$) anlamlı artış saptandı (Tablo 3).

TARTIŞMA

Katarakt cerrahisinin neden olduğu astigmatizma küçük kesili fakoemülsifikasyon tekniğinin geliştirilmesi ile belirgin olarak azalmıştır. Uygulanması kolay ve hızlı olduğu için birçok cerrah tarafından tercih edilen korneal keside, kesi yerinin optik aksa daha yakın olması nedeni ile skleral tünel insizyona göre daha fazla astigmatizmaya yol açtığı bildirilmiştir.^{8,13,17} Korneal kesi, yapıldığı eksen de kurvatür yarıçapını artırarak düzleşmeye ve 90 derece dik eksen de dikleşmeye neden olmaktadır. Yapılan çalışmalarda temporalden yapılan korneal kesinin üst,

üst oblik ve nazal kesilere göre daha düşük astigmatizmaya neden olduğu bildirilmiştir.^{1-7,11-15} Bu çalışmaların sonuçlarına göre kesinin büyük yapılması da ameliyat sonrası oluşan astigmatizmayı artırmaktadır. Ancak 2,75 mm'lik korneal kesinin astigmatizmaya neden olmadığı ve bu etkinin kesi yerine bağımlı olmadığı bildirilmiştir.¹⁶ Bizim çalışmamızda ise 3.5 mm'lik üst kesiden yapılan katarakt ameliyatının topografik astigmatizmada artışa neden olmadığı görülmüştür.

Katarakt ameliyatı düzenli astigmatizmaya neden olabileceği gibi korneal düzensizliklere de yol açmaktadır. Ancak düzensiz astigmatizma gözlük camları ile düzeltilemediğinden görme kalitesini azaltır. Korneal topografi verilerinden SRI ve SAI, korneal düzensizliklerin birer göstergesidir. Korneal topografi verilerinin fourier analizi ise düzenli astigmatizma ile düzensiz astigmatizma değerlerini birbirinden kantitatif olarak ayırır. Fourier analizi ile saptanan düzensizliklerin düzeltilmiş görme keskinliği ile istatistiksel olarak anlamlı ilişkili olduğu, ancak SRI ve SAI gibi topografik değerlerin görme keskinliği ile ilişkili olmadığı bildirilmiştir.²⁰

Katarakt ameliyatının neden olduğu korneal düzensizlikleri araştırılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Tejedor ve ark.¹⁴ ameliyat öncesinde astigmatizması bulunmayan veya ihmal edilebilir büyüklükte astigmatizması olan

gözlerde 3.5 mm'lik üst korneal kesinin SRI değerini artırdığını, temporal kesinin ise azalttığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada ameliyat öncesinde astigmatizması olan gözlerde dik eksene kesi ile yapılan ameliyatın SRI değerlerini artırdığı ancak artışın astigmatizma büyüklüğü ile ilişkili olmadığı da bildirilmiştir. Hayashi ve ark.¹⁸ 3,5 mm, 4.1 mm ve 6.5 mm'lik skleral tünel kesileri ile yapılan katarakt ameliyatlarının SRI ve SAI değerlerinde ameliyat sonrasında anlamlı artışa neden olduğu ancak ameliyat sonrası en geç 1. ayda değerlerin ameliyat öncesi seviyelerine döndüğünü bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise 3,5 mm'lik üst korneal kesinin en az 2 aylık takip sonrasında SRI ve SAI değerlerinde anlamlı değişikliğe yol açmadığı gösterilmiştir.

Korneal topografi verilerinin fourier analizi ile katarakt ameliyatının düzensiz astigmatizmaya yol açtığı ilk kez Olsen ve ark. tarafından bildirilmiştir.¹⁷ Olsen ve ark. 3.5 ile 4.0 mm arasında yapılan korneal kesinin, aynı büyüklükteki skleral kesiyeye göre iki kat fazla düzensiz astigmatizmaya neden olduğunu saptamışlardır. Hayashi ve ark. üç farklı büyüklükteki skleral tünel kesisi ile yaptıkları katarakt ameliyatlarında korneal düzensiz astigmatizma oluşumu araştırdıkları çalışmalarında merkezi 3 mm'lik zonda fourier analizini kullanmışlardır.¹⁸ Bu çalışmanın sonuçlarına göre her üç kesi sferik güçte değişikliğe neden olmazken, düzenli astigmatizma sadece 6.5 mm'lik keside artmıştır. Asimetri ve HOI her üç kesi ile artmış ve 10 günde ameliyat öncesi değerlerine dönmüştür. Oshika ve ark. ise 4.1 mm'lik üst ve temporal skleral kesi ile yapılan ameliyat sonrası 1. günde fourier analizi ile saptanan düzensiz astigmatizmanın arttığını, ancak sonraki günlerde normal olduğunu bildirmişlerdir.¹⁹ Bizim çalışmamızda farklı olarak 3.5 mm'lik üst korneal kesi ile yapılan katarakt ameliyatının korneal düzensiz astigmatizmaya etkisi fourier analizi ile merkezi 3 mm ve 6 mm'lik zonlarda araştırılmıştır. Çalışmamızda, merkezi 3 mm'lik zondaki fourier analizi bileşenlerinde en az 2 aylık takip sonunda istatistiksel olarak farklılık saptanmadı. Ancak HOI'deki artış anlamsız olsa da belirgindi. Merkezi 6 mm'lik zondaki fourier analizi bileşenlerinden sferik güç ve asimetride değişiklik görülmezken, diğer çalışmalardan farklı olarak düzenli astigmatizma ve HOI değerlerinin ortalama 5.6 aylık takip (en az 2 ay) sonrasında halen yüksek olduğu ve artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptandı.

Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre, merkezi 3 mm'lik zonda anlamsız olsa da sınırda olan artış, küçük kesinin HOI'yi azaltmada tam olarak yeterli olmadığını ve görme kalitesinin bir miktar bozulabileceğini gösterebilir. Bununla birlikte merkezi 6 mm'lik zondaki HOI artışı görme kalitesinin özellikle gece görüşünde bozulduğunu göstermektedir. Bu durum 3.5 mm'lik üst kesinin korneal düzensiz astigmatizmayı önlemede yeterli olmadığını göstermektedir. Son zamanlarda yapılan çalışma sonuçlarına göre küçük korneal kesinin topografi rehberliğinde yapılması ile ameliyata bağlı daha az astigmatizma oluştuğu, ameliyat öncesinde var olan astigmatizmanın azaldığı ve temporal kesiyeye göre

daha az korneal sapmaya (aberrasyon) neden olduğu bildirilmiştir.²⁶ Bununla birlikte topografi rehberliği olmadan üst 3.2 mm'lik korneal kesinin korneal sapmaları anlamlı derecede artırdığı saptanmıştır.²⁷ Yao K ve ark. mikro kesi ile katarakt ameliyatının görme kalitesini bozmadığını, ameliyat sonrasında daha az astigmatizma oluştuğunu ancak mikro kesinin korneal ileri sapmaları (higher order aberrations; HOA) azaltmada küçük kesiyeye göre üstünlüğünün olmadığını bildirmişlerdir.²⁸ Ancak bu çalışmada hastaların ameliyat öncesi ve sonrasında incelenmemiş olması, korneal ileri sapmaların merkezi 5mm'lik zonda incelenmiş olması ve hastaların optik performanslarının mikro kesi ameliyatından sonra daha iyi olması, yeni çalışmaların yapılması gerekliliğini düşündürmektedir. Elkady B. ve ark. ise mikro kesi ile katarakt ameliyatından sonra merkezi 6mm'lik zonda astigmatizmada ve HOA'da değişiklik olmadığını bildirmişlerdir.²⁹ Küçük korneal kesi ile yapılan katarakt ameliyatlarında görme kalitesini atırmak ve HOI değerlerini azaltabilmek için ameliyatların topografi rehberliğinde yapılması uygun olmakla birlikte, ameliyatlarda mikro kesi kullanılması faydalı olabilir.

Özet olarak, bu çalışmanın sonuçlarına göre 3.5 mm'lik üst korneal kesi yapılan katarakt ameliyatı korneal topografi verilerinin fourier analiz bileşenlerinden merkezi 6 mm'lik zonda düzenli astigmatizmayı ve korneal düzensizliğin bir göstergesi olan HOI'yi artırmaktadır.

KAYNAKLAR/REFERENCES

1. Roman SJ, Auclin FX, Chong-Sit DA, et al: Surgically induced astigmatism with superior and temporal incisions in cases of with-the-rule preoperative astigmatism. J Cataract Refract Surg. 1998; 24:1636-1641.
2. Rainer G, Menapace R, Vass C, et al.: Corneal shape changes after temporal and superolateral 3.0 mm clear corneal incisions. J Cataract Refract Surg. 1999;25:1121-1126.
3. Beltrame G, Salvat ML, Chizzolini M, et al.: Corneal topographic changes induced by different oblique cataract incisions. J Cataract Refract Surg. 200;27:720-727.
4. Matsumoto Y, Hara T, Chiba K, et al.: Optimal incision sites to obtain an astigmatism-free cornea after cataract surgery with a 3.2 mm sutureless incision. J Cataract Refract Surg. 2001;27:1615-1619.
5. Kohlen S, Neuber R, Kohlen T.: Effect of temporal and nasal unsutured limbal tunnel incisions on induced astigmatism after phacoemulsification. J Cataract Refract Surg. 2002;28:821-825.
6. Ermiş SS, İnan UU, Öztürk F: Surgically induced astigmatism after superotemporal and superonasal clear corneal incisions in phacoemulsification. J Cataract Refract Surg. 2004;30:1316-1319.
7. Acar S, Mavi E, Cosar CB, et al.: Corneal topographic changes after phacoemulsification through steep axis incision. Int Ophthalmol. 2004;25:123-128.
8. Yaylalı V, Akman A, Ünal M, ve ark.: Fakoemülsifikasyonla katarakt cerrahisinde 3,2 mm sklerokorneal ve 3,2 mm korneal tünel kesilerin cerrahi astigmatizmaya etkisi. T Oft Gaz. 1999;29:443-448.
9. Yaylalı V, Akman A, Ünal M, ve ark.: Fakoemülsifikasyonda korneal insizyon boyutunun cerrahi astigmatizmaya etkisi. MN Oftalmol. 2000;7:126-129.
10. Ermiş SS, İnan UU, Öztürk F: Oblik kadranda kornea tünel kesisinden katlanabilir akrilik ve polimetilmetakrilat göz içi lens implantasyonu sonrası cerrahi astigmatizma. T Oft Gaz 2003;33:112-117.

- 11- Afrashi F, Kaşkaloğlu M, Deli B.: Şeffaf korneal insizyon ile yapılan fakoemülsifikasyon cerrahisinde erken görsel ve refraktif sonuçlar. *MN Oftalmol.* 2001;8:114-116.
- 12- Rodoplu S, Esgin H, Erda N, ve ark.: Sağ-üst ve temporal şeffaf kornea kesisi ile fakoemülsifikasyon yapılan olgularda astigmatizmanın değişimi. *T Klin Oftalmol.* 2005;14:173-179.
- 13- Rodoplu S, Esgin H, Alimgil L, ve ark.: 5,7 mm sağ-üstten saydam kornea kesisi ve üstten skleral tünel kesi ile fakoemülsifikasyon cerrahisinin postoperatif astigmatizmaya etkisi. *MN Oftalmol.* 2005;12:280-283.
- 14- Tejedor J, Murube J: Choosing the location of corneal incision based on preexisting astigmatism in phacoemulsification. *Am J Ophthalmol.* 2005;139:767-776.
- 15- Borasio E, Mehta JS, Maurino V: Surgically induced astigmatism after phacoemulsification in eyes with mild to moderate corneal astigmatism: temporal versus on-axis clear corneal incisions. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32:565-572.
- 16- Giansanti F, Rapizzi E, Virgili G, et al.: Clear corneal incision of 2.75 mm for cataract surgery induces little change of astigmatism in eyes with low preoperative corneal cylinder. *Eur J Ophthalmol.* 2006;16:385-393.
- 17- Olsen T, Dam-Johansen M, Bek T, et al.: Corneal versus scleral tunnel incision in cataract surgery: a randomized study. *J Cataract Refract Surg.* 1997;23:337-341.
- 18- Hayashi K, Hayashi H, Oshika T, et al.: Fourier analysis of irregular astigmatism after implantation of 3 types of intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2000;26:1510-1516.
- 19- Oshika T, Sugita G, Tanabe T, et al.: Regular and irregular astigmatism after superior versus temporal scleral incision cataract surgery. *Ophthalmology.* 2000;107:2049-2053.
- 20- Oshika T, Tomidokoro A, Maruo K, et al.: Quantitative evaluation of irregular astigmatism by fourier series harmonic analysis of videokeratography data. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1998;39:705-709.
- 21- Keller PR, McGhee CN, Weed KH: Fourier analysis of corneal topography data after photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg.* 1998;24:1447-1455.
- 22- Tanabe T, Tomidokoro A, Samejima T, et al.: Corneal regular and irregular astigmatism assessed by Fourier analysis of videokeratography data in normal and pathologic eyes. *Ophthalmology.* 2004;111:752-757.
- 23- Tomidokoro A, Oshika T: Quantitative assessment of videokeratography data using fourier series harmonic analysis. *Cornea.* 2004;23:71-77.
- 24- Olsen T, Dam-Johansen M, Bek T, et al.: Evaluating surgically induced astigmatism by Fourier analysis of corneal topography data. *J Cataract Refract Surg.* 1996;22:318-323.
- 25- Jacobs BJ, Gaynes BI, Deutsch TA: Refractive astigmatism after oblique clear corneal phacoemulsification cataract incision. *J Cataract Refract Surg.* 1999;25:949-952.
- 26- Jiang Y, Le Q, Yang J, Lu Y.: Changes in corneal astigmatism and high order aberrations after clear corneal tunnel phacoemulsification guided by corneal topography. *J Refract Surg.* 2006;22:1083-1088.
- 27- Marcos S, Rosales P, Llorente L, et al.: Change in corneal aberrations after cataract surgery with 2 types of aspherical intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33:217-226.
- 28- Yao K, Tang X, Ye P: Corneal astigmatism, high order aberrations, and optical quality after cataract surgery: microincision versus small incision. *J Refract Surg.* 2006;22:1079-1082.
- 29- Elkady B, Alio JL, Ortiz D, et al.: Corneal aberrations after microincision cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34:40-45.