



**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI**

**FAKOEMÜLSİFİKASYON CERRAHİSİNDE İNSİZYON
GEOMETRİSİ VE İNSİZYON YERLEŞİMİNİN KORNEAL
YÜKSEK DÜZEY WAVEFRONT ABERASYONLARA VE
ASTİGMATİZMAYA ETKİSİ**

TIPTA UZMANLIK TEZİ

Dr. Serap SÖNMEZ

KAYSERİ-2017



T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

**FAKOEMÜLSİFİKASYON CERRAHİSİNDE İNSİZYON
GEOMETRİSİ VE İNSİZYON YERLEŞİMİNİN KORNEAL
YÜKSEK DÜZEY WAVEFRONT ABERASYONLARA VE
ASTİGMATİZMAYA ETKİSİ**

TIPTA UZMANLIK TEZİ

Dr. Serap SÖNMEZ

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Çağatay KARACA

KAYSERİ-2017

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca eğitime katkıda bulunan tüm hocalarıma, birlikte yola çıktığım asistan arkadaşlarıma, bu tezi hazırlamamdaki katkılarından dolayı tez hocam Yrd. Doç. Dr. Çağatay KARACA'ya, desteklerini bizlerden esirgemeyen tüm göz hastalıkları bölümü personeline şükranlarımı sunarım.

Her zaman yanımda olan, her zaman fedakârca davranan canım AİLEME sonsuz teşekkürler...

Dr. Serap SÖNMEZ



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR	iv
ÖZET	viii
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. LENS	3
2.1.1. Anatomisi ve Histolojisi	3
2.1.2. Embriyolojisi	4
2.1.3. Biyokimyası ve Fizyolojisi	5
2.2. KORNEA	7
2.2.1. Anatomi	7
2.3. AKOMODASYON	10
2.4. KATARAKT	10
2.5. KATARAKT CERRAHİSİ	12
2.6. FAKOEMÜLSİFİKASYON	13
2.7. FAKOEMÜLSİFİKASYON CERRAHİSİNDE KESİLER	15
2.7.1. Limbal Kesiler	15
2.7.2. Skleral Tünel Kesileri	16
2.7.3. Saydam Kornea Kesileri	16
2.8. ASTİGMATİZMA	17
2.8.1. Ameliyat Sonrası Korneal Astigmatizma	18
2.8.2. Cerrahi Olarak Uyarılmış Astigmatizma Hesaplama Metodları	20
2.8.3. Korneal Topografi	26
2.9. WAVEFRONT (DALGA ÖNÜ ANALİZİ)	27
2.10. WAVEFRONT VE PUPİL ÇAPI	33

3. GEREÇ VE YÖNTEM	34
4. BULGULAR	38
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	47
5.1. TARTIŞMA.....	47
5.2. SONUÇ	56
KAYNAKLAR	58
TEZ ONAY SAYFASI	67



SİMGELER VE KISALTMALAR

µm	: Mikron
ADP	: Adenozin Difosfat
ATP	: Adenozin Trifosfat
BSS	: Dengeli Tuz Solusyonu
CCC	: Continuous Curvilinear Capsulorhexis
CIA	: Cerrahi İndüklenmiş Astigmatizma
D	: Dioptri
DNA	: Deoksi Ribonükleik Asit
EKKE	: Ekstrakapsüler Katarakt Ekstraksiyonu
FAKO	: Fakoemulsifikasyon
G	: Gauge
HMP	: Heksoz Monofosfat
HOA	: High Order Aberasyon (Yüksek Sıralı Aberasyon)
İKKE	: İntrakapsüler Katarakt Ekstraksiyonu
İOL	: Göz İçi Lens
LOA	: Low Order Aberasyon (Düşük Sıralı Aberasyon)
M. Ö.	: Milattan Önce
M. S.	: Milattan Sonra
mm	: Milimetre
NADP	: Nikotinamid Adenin Dinükleotid Fosfat
NADPH	: Nikotinamid Adenin Dinükleotid Fosfat Hidrojen
Na-K ATPaz	: Sodyum-Potasyum Adenozin Trifosfataz
OCT	: Optik Koherans Tomografi
RMS	: Root Mean Square (Ortalama Karekök)
SA	: Sferik Aberasyon
SIA	: Surgically Induced Astigmatizm
SUP	: Superior

TEM : Temporal
Z₂ : Sekonder Astigmatizma
Z₃ : Koma Aberasyon
Z₄ : Sferik aberasyon



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.	Kornea anatomisi, Hematoksilen-Eosin boyası ile (H+E) x32; 5 ayrı katman halinde seçiliyor.....	8
Şekil 2.	Bennet'in astigmatik dekompozisyon metodu	22
Şekil 3.	Kartezyen koordinat sistemi.....	23
Şekil 4.	Polar değer metodu.....	25
Şekil 5.	İdeal optik sistemde ışınların retina üzerinde tek bir noktada toplanması	27
Şekil 6.	Aberasyonu olan bir gözde ışınların retinada tek bir noktada odaklanamaması	28
Şekil 7.	Zernicke Piramidi: Tabana doğru inildikçe aberasyonların derecesi artmakta.....	30
Şekil 8.	Ölçülen wavefront kusurlarını temsil eden bir araya getirilmiş zernicke modları	32
Şekil 9.	İkinci, üçüncü ve dördüncü seviye aberasyonlar	32
Şekil 10.	Tünel uzunluğunun ön segment OCT ile görüntüsü	37
Şekil 11.	Ortalama korneal astigmatizma değişimi.....	41
Şekil 12.	CIA vektöryel analizi	43

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.	Gruplar Arasında Cinsiyet Dağılımı ve Ortalama Tünel Uzunlukları	38
Tablo 2.	Gruplar Arasında Preoperatif ve Postoperatif Astigmatizma Değerlerin Dağılımı(topografi değerleri)	40
Tablo 3.	Gruplar Arasında Keratometrik Değerlerin Dağılımı	42
Tablo 4.	Gruplar arası CIA değerlerinin dağılımı	42
Tablo 5.	Gruplar Arasında Z_2 , Z_3 , Z_4 , HOA Değerlerin Dağılımı (3mm'lik Pupil Aralığı)	45
Tablo 6.	Gruplar Arasında Z_2 , Z_3 , Z_4 , HOA Değerlerin Dağılımı (6mm'lik Pupil Boyutu).....	46

FAKOEMÜLSİFİKASYON CERRAHİSİNDE İNSİZYON GEOMETRİSİ VE İNSİZYON YERLEŞİMİNİN KORNEAL YÜKSEK DÜZEY WAVEFRONT ABERASYONLARA VE ASTİGMATİZMAYA ETKİSİ

ÖZET

Bu çalışmada süperiyor ve temporal kadrandan kısa ve uzun tünel kullanılarak 2,8 mm'lik korneal kesi ile yapılan fakoemülsifikasyon cerrahisi sonrasında hastalarda postoperatif astigmatizma değerleri ve korneal topografilerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Hepsi 2,8 mm'lik saydam korneal insizyon ile yapılan süperiyor kısa tünel kullanılan 33 göz (SUP kısa tünel) , süperiyor uzun tünel kullanılan 35 göz (SUP uzun tünel), temporal kısa tünel kullanılan 33 göz (TEM kısa tünel) ve temporal uzun tünel kullanılan 31 göz (TEM uzun tünel) çalışmaya dâhil edilmiştir. Tüm hastalarda ameliyat öncesi ve sonrası 1. ay korneal topografi ve korneal wavefront ölçümleri yapılmıştır. Ameliyat sonrası 1. hafta OCT cihazı ile tünel uzunlukları ölçülmüştür.

Korneal topografi cihazı ile alınan preoperatif keratometrik ve astigmatizma değerleri ile ameliyat sonrası 1. aydaki keratometrik ve astigmatizma değerleri kıyaslanmıştır. Ameliyat sonrası keratometrik değerler kıyaslandığında dört grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı($p>0.05$). Total ve anterior korneal astigmatizma değerlerinde preoperatif ve postoperatif ortalama değişim SUP uzun tünel grubunda diğer gruplardan daha yüksekti. Fakat bu durum istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı.

Korneal topografi cihazı ile alınan preoperatif ve postoperatif keratometrik değerler kullanılarak Alpins metodu ile cerrahi indüklenmiş astigmatizma değerleri hesaplanmıştır.

SUP uzun tünel grubunda total ve anterior korneal cerrahi indüklenmiş astigmatizma değeri (CIA) diğer gruplara göre anlamlı ($p < 0.05$) olarak daha yüksek bulunmuştur, posterior korneal CIA değerinde farklılık izlenmemiştir. Ayrıca tünel uzunluklarının artması CIA değerinde artmaya neden olmuştur fakat bu durum istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Ameliyat öncesi 3 mm'lik pupil boyutunda alınan tüm aberasyon değerleri dört grup arasında kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır. Ameliyat sonrası 3 mm'lik pupil boyutunda alınan ölçümlerde postoperatif Z_3 değeri, Z_4 değeri, HOA değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Her bir grupta ameliyat sonrası Z_3 ve Z_4 değeri ameliyat öncesi döneme göre anlamlı ($p > 0.05$) değişim göstermemiştir.

3 mm'lik pupil boyutunda alınan ölçümlerde ameliyat sonrası Z_2 değeri SUP uzun tünel grubunda SUP kısa tünel, TEM kısa tünel, TEM uzun tünel gruplarından anlamlı ($p < 0.05$) olarak daha yüksekti. Yine SUP uzun tünel grubunda ameliyat sonrası Z_2 değeri ameliyat öncesi döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) artış göstermiştir. SUP uzun tünel grubunda ve SUP kısa tünel grubunda ameliyat sonrası HOA değeri ameliyat öncesi döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) artış göstermiştir. Ayrıca TEM kısa tünel grubunda postoperatif tüm aberasyon değerlerinde preoperatif değerler ile kıyaslandığında azalma saptanmıştır fakat bu durum istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır. Temporal kesi uygulanan gruplarda HOA değerlerinde azalma fark edilmiştir ama yine istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Ameliyat öncesi 6 mm'lik pupil boyutunda alınan ölçümlerde Z_3 değeri, Z_4 değeri, HOA değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p > 0.05$). Ameliyat sonrası 6 mm'lik pupil boyutunda alınan ölçümlerde Z_3 değeri, Z_4 değeri, HOA değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p > 0.05$).

6 mm'lik pupil boyutunda alınan ölçümlerde preoperatif ve postoperatif SUP uzun tünel grubunda Z_2 değeri SUP kısa tünel, TEM kısa tünel, TEM uzun tünel gruplarından anlamlı ($p < 0.05$) olarak daha yüksekti. Ayrıca SUP kısa tünel grubunda ve SUP uzun tünel grubunda ameliyat sonrası HOA değeri ameliyat öncesi döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) artış göstermiştir. TEM kısa tünel grubunda da postoperatif Z_2 değerinde preoperatif değere göre artış varken diğer aberasyon değerlerinde azalma saptanmıştır fakat bu durum istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Aberasyon, Astigmatizma, Tünel Uzunluğu

INCISION GEOMETRY ON PHACOEMULSIFICATION SURGERY AND THE EFFECT OF INCISION SITES ON CORREAL ASTIGMATISM AND CORREAL ABERRATIONS AFTER PHACOEMULSIFICATION SURGERY

SUMMARY

In this study, we have aimed to compare postoperative astigmatism values and corneal topography after phacoemulsification surgery with 2,8 mm corneal incision using superior and temporal short and long tunnels.

33 eyes (SUP short tunnel) using superior short tunnel, 38 eyes using superior long tunnel (SUP long tunnel), 33 eyes using temporal short tunnel (TEM short tunnel) and 31 eyes (TEM long tunnel) using temporal long tunnel were included in the study. Corneal topography and corneal wavefront measurements were performed in all patients before and after surgery for 1. month. Postoperative 1. week the tunnel lengths were measured with OCT. Astigmatism values were obtained with autorefractometer at first month postoperatively.

The preoperative keratometric and astigmatism values obtained with corneal topography device and the postoperative first month keratometric and astigmatism values were compared. When the postoperative keratometric values were compared, there was no statistically significant difference between the four groups ($p > 0.05$). The preoperative and postoperative mean changes in total and anterior corneal astigmatism values were higher in the SUP long tunnel group than in the other groups. However, this was not statistically significant.

The surgically induced astigmatism values were calculated by Alpins method using preoperative and postoperative keratometric values obtained with corneal topography device.

Total and anterior corneal surgery-induced astigmatism (SIA) value was found to be significantly higher ($p < 0.05$) in the SUP long tunnel group than in the other groups, with no difference in posterior corneal SIA value. In addition, the increase in tunnel lengths caused an increase in the SIA value, but this was not statistically significant..

There was no statistically significant difference in all aberration values between all groups at 3 mm pupil size preoperatively. There was no statistically significant difference between postoperative Z3 value, Z4 value, and HOA value in the measurements taken at 3 mm pupil size postoperatively. Postoperative Z3 and Z4 values did not change significantly ($p > 0.05$) in each group compared to the preoperatively.

Measurements of 3 mm pupil size postoperatively; Z2 values were significantly higher ($p < 0.05$) in the SUP long tunnel group than the other groups. In the SUP long tunnel group, postoperative Z2 value increased significantly ($p < 0.05$) compared to preoperatively. In the SUP long tunnel group and in the SUP short tunnel group, the postoperative HOA value increased significantly ($p < 0.05$) compared to the preoperatively. As well as we found a reduction in the postoperative all aberrations in the TEM short tunnel group compared with preoperative values, but this results was not statistically significant. the decrease in HOA values was noticed in the temporal incision groups but it was not found to be statistically significant either.

There was no statistically significant difference ($p > 0.05$) between Z3 value, Z4 value and HOA value at 6 mm pupil size preoperatively. There was no statistically significant difference ($p > 0.05$) between Z3 value, Z4 value and HOA value at 6 mm pupil size postoperatively.

Preoperative and postoperative Z2 value was significantly higher ($p < 0.05$) in the SUP long tunnel than the other groups in 6 mm pupil size measurements. Furthermore, in the SUP short tunnel group and in the SUP long tunnel group, the postoperative HOA value increased significantly ($p < 0.05$) compared to the preoperative value. In the TEM short tunnel group, postoperative Z2 value increased with preoperative value while other aberration values decreased, but this condition was not statistically significant.

Key Words: Aberation, Astigmatism, Tunnel Length

1. GİRİŞ

Katarakt; tedavi edilebilir görme azlığı sebeplerinin başında gelmektedir. Saydamlığını kaybeden lens, ışığın dağılmasına neden olur. Böylece retinaya ulaşan ışık ve görme azalır. Günümüzde katarakt oluşumunu engelleyecek, azaltacak veya geri döndürecek herhangi bir yöntem bulunmamaktadır. Kataraktın tek tedavisi cerrahidir. Katarakt cerrahisinin amacı, hastanın görmesini azaltmış, saydamlığını yitirmiş lensini yapay göz içi merceklerle değiştirerek hastanın yeniden görmesini sağlamaktır. Modern katarakt cerrahisinin amacı sadece görsel iyileştirmenin sağlanması değil aynı zamanda en uygun refraktif sonucu elde ederek görme kalitesinin artırılmasını sağlamaktır. Bu nedenle artık refraktif katarakt cerrahisi yapılmakta ve hastalarda var olan refraktif bozuklukların tek ameliyatla azaltılması amaçlanmaktadır. Günümüzde yeni geliştirilen katarakt ameliyatı yöntemleri, küçük kesi kullanımı ve fakoemülsifikasyon için gerekli araç ve gereçlerdeki gelişmeler sayesinde cerrahi ile indüklenen astigmatizma büyüklüğünü ve derecesini azaltarak istenilen sonuçları elde etmek mümkün olmuştur[1]. Fakoemülsifikasyon cerrahisi sırasında yapılan kesi tipi, büyüklüğü ve sutureasyonu kesiye bağlı astigmatizmada etkili faktörler olduğu bilinmektedir.

Kesi boyutlarının küçülmesi katarakt cerrahisinin gelişimindeki ilk yıllarda intrakapsüler cerrahiden, ekstrakapsüler cerrahiye geçişte gerçekleşmiştir. Daha büyük bir adım fakoemülsifikasyonun ve katlanabilir göz içi lenslerin (İOL) kullanıma girmesiyle atılmış, kesi boyu 2,0 mm' nin altına kadar düşmüştür[2].

Kesi boyutlarının küçülmesi, ameliyat sonrası intraoküler inflamasyonda, yara yerine bağlı komplikasyonlarda, cerrahinin süresinde, doku travmasında ve ameliyat sonrası rehabilitasyonun süresinde azalmayı sağlamıştır[1].

Görme kalitesi korneal aberasyonlar ve göz içi merceklerin oluşturduğu aberasyonlarla değişebilmektedir. Korneal aberasyonlar da yapılan korneal insizyonun yeri ve boyutuna göre değişim göstermektedir. Kesi boyutlarının küçülmesi korneal aberasyonlarda azalmaya neden olmuştur. Korneal aberasyonların azalması korneal optik kalitenin artmasına ve görsel sonuçların daha iyi olmasına neden olmuştur. Bu durumda hasta memnuniyeti artmıştır[2, 3]. Özellikle koma, sferik aberasyon ve diğer yüksek sıralı aberasyonların tedavi edilmeleri gerekir. Çünkü optik kaliteyi, kontrast sensitiviteyi ve fonksiyonel görmeyi belirgin olarak azaltırlar. Görme keskinliği ve kalitesi üzerine etkili iki esas aberasyonun SA ve koma olduğu görülmüştür. Bu nedenle çalışmalarda genellikle İOL uygulaması sonrasında bu iki tip aberasyon üzerinde durulmuştur.

Sonuç olarak katarakt ameliyatı sonrasında elde edilecek görme düzeyi kadar görmenin kaliteside önem kazanmış durumdadır. Bu sonuç açısından bakıldığında uygulanan kesi tipi ve büyüklüğü astigmatizma ve korneal aberasyon üzerine etkilidir ve görme kalitesini azaltan önemli sebepler arasında gösterilmektedir. Bu nedenle tüm dünyada önlenmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca kullanılan tünelin uzun olması kesinin kornea santraline uzanmasına ve wavefrontun bozulmasına neden olabileceği düşünülmektedir. Bu amaçla çalışmamızda kesi yerinin ve tünel uzunluklarının farklı tutulması planlanarak, bunların korneal aberasyon ve astigmatizma üzerine etkilerinin olup olmaması araştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. LENS

2.1.1. Anatomisi ve Histolojisi

Lens; irisin arkasında, vitreusun önünde ön hiyaloid membran tarafından oluşturulan patellar fossaya yerleşmiş bikonveks bir optik yapıdır. Lensin ön ve arka yüzünü birleştigi çepeçevre birleşim yerine ekvator denir. Zonülalar aracılığı ile ekvatoryal bölgeden prosesus siliarise tutunmuştur. Ön yüzü arka yüzüne göre daha düzdür. İnsan vücudunda gelişimini doğumdan sonra ölüme kadar devam ettiren tek yapıdır. Doğumda 6-6,5 mm olan ekvator çapı, genç yetişkinlerde 9 mm'ye; 3-3,5 mm olan ön-arka uzunluğu ise 4-4,5 mm'ye ulaşır. Sonraki dönemlerde ekvatoryal çap stabilize olup, ön arka aksta kalınlaşma başlar. Lensin kurvatür yarıçapı da buna uygun olarak azalır. Yüzey kurvatürünün bu reaktif etkisi indeks değişikliği ile baskılanır ve miyopinin oluşması beklenirken yaşla birlikte hipermetropiye kayma olur[4]Uyum yapmadığı durumlarda yaklaşık 20 D'lik kırma gücü ile gözün toplam kırma gücünün 1/3'lük bölümünü oluşturur . Lens arka yüzünün meydana getirdiği 0.5 D kurala aykırı astigmatizma, korneanın 0.5 D kurala uygun fizyolojik astigmatizması ile yok edilir [4]. Lens kapsülü;korteks, nükleus ve lens epitelini çevreler.Büyük oranda Tip IV, daha az oranda da tip I ve III kollajenden oluşur.Lens epiteli ve yüzeyel lens lifi hücrelerince üretilen elastik bir ekstraselüler materyal olan lens kapsülü aslında bir bazal membrandır, ancak vücuttaki diğer bazal membranlardan farkı, arka kutup dışında sürekli kalınlaşmasıdır. Lens epiteli hücreleri, lensin ön yüzünü kaplayan küboid

hücrelerdir. Lensin geri kalan büyük kısmını ise konsantrik tabakalar halinde uzamış lens lifi hücreleri oluşturur. Lens lifi hücrelerinin en dış tabakaları epitelin hemen altından lensin arka yüzeyine doğru uzanırlar. Erişkin lensinde, lens lifi hücreleri ve lens epitel hücrelerinin büyük çoğunluğu bölünmezler. Ancak ekvator yakınında, germinatif zon adı verilen bölgede bulunan lens epiteli hücreleri yavaş proliferasyon gösterirler. Bu bölgede mitozla meydana gelen hücrelerin çoğu lensin arkasına göç edip lens ekvatorunda lens lifi hücrelerine dönüşürler[5]. Oluşan yeni lens lifi hücreleri, lensin karşı tarafından uzanan lens lifi hücreleriyle ön ve arka orta hatta karşılaşınca kadar, arka uçları kapsül altında ilerlerken ön apikal uçları epitel altında kayarak uzarlar. Böylece zıt kutuplardan uzayan lens lifi hücrelerinin apikal ve bazal uçları arasında “dikiş(sütür)” adı verilen birleşme bölgeleri oluşur. Hücrelerin apikal uzantılarının birleşim yeri “ön Y dikişi(sütürü)”, bazal uzantılarının birleşim yeri ise “arka Y dikişi (sütürü)” oluşturur. Lens lifi hücreleri dikişlere ulaştıklarında uzamaları durur ve bazal uçları kapsülden ayrılır. Takiben nükleus, mitokondri ve endoplazmik retikulum dahil tüm membran bağımlı organellerini kaybederler. Organel kaybı optik olarak avantajlı bir süreçtir, çünkü böylelikle ışık lensten geçerken saçılma uğramaz. Işığın bu organeller tarafından emilimi veya kırılımı engellenmiş olur[6]. Ancak, mitokondri kaybına bağlı olarak lens lifi hücreleri enerji üretimini glikolizle sağlamak zorundadır. Matür lens lifi hücreleri, yüzeyde yeni lens lifleri oluştukça giderek daha derine gömülür. Böylece lensin büyüklüğü ve hücre sayısı hayat boyu artar.

2.1.2. Embriyolojisi

Lensi oluşturan hücreler embriyonun kraniyal tarafında bulunan yüzey ektoderminden köken alırlar. Nöroektodermden salınan kimyasal mediatörler lens gelişiminde görev alır. Gestasyonun 4. haftası başlarında kalınlaşma şeklinde lens plağı belirir. Optik vezikül lens vezikülünü oluşturmak üzere optik çukura doğru tomurcuklanır. 4. haftanın sonuna doğru lens vezikülü yüzey ektoderminden tamamen ayrılır. 5. haftada optik vezikülün kavitesi lens lifleri ile dolmaya başlar. Gestasyonun 7. Haftasının sonunda primer lens lifleri vezikül lümenini doldurmuştur. 8. haftada preekvatoryal bölgedeki epitelyum hücrelerinin mitoz ve migrasyonu ile sekonder lens lifleri oluşmaya başlar. Liflerin ön yüzü öne, arka yüzü arkaya doğru lens kapsülü altında uzar ve böylece sürekli katmanlar halinde lens lifi oluşumu devam eder. Her sekonder lens lifi hücresi

kapsülden ayrılırken nükleusunu ve hücre zarına bağlı organellerini kaybeder. Gestasyonun 2-8 ayları arasında oluşan sekonder lens lifleri fetal nükleusu oluşturur[4-7]. Lens kapsülü 5. haftanın sonunda görülmeye başlar. Gestasyonun yaklaşık 1. ayında göze optik diskten giren hyaloid arter lens kapsülünün arka yüzünde tunika vaskuloza lentis olarak adlandırılan bir kapiler ağ oluşturur. Bu kapillerler lens ekvatoruna doğru büyüyerek burada ikinci bir kapiller ağ ile anastomoz yapar. Ön pupiller membran olarak adlandırılan bu yapı silyer venlerden türer ve lensin ön yüzünü kaplar. Gestasyonun yaklaşık 9. haftasında lense çevreleyen kapiller ağ tamamen gelişmiş haldedir. Doğumdan kısa süre önce apopitozis ile kademeli olarak yok olur.

Zonüler lifler gestasyonun 3. ayının sonunda siliyer cisim epitelinden üretilir. Gestasyonun 33. gününde oluşumu tamamlanan lens vezikülü tamamen lens kapsülü ile çevrelenir. Bu durum lenf damarları bulunmayan lensin gestasyonel hayatta ve doğum sonrasında retiküloendotelial sistemce tanınmasını önler. Bu durum lens proteinlerinin immun sistem tarafından yabancı olarak algılanmasına yol açar[8].

2.1.3. Biyokimyası ve Fizyolojisi

Lens vücuttaki diğer tüm dokulardan daha yüksek oranda protein içermektedir. Ağırlığının %65 - 66' sını su, %33 - 35' ini protein, %1 'ini ise aminoasit, lipid, karbonhidrat, elektrolitler ve peptidler oluşturur[4]. Lensin yüksek refraktif indeksinden, yüksek protein içeriği sorumludur. Bunların çoğu fibrillerin yapısal proteinleridir. Proteinler sudaki çözünürlüklerine göre ikiye ayrılırlar; eriyebilen kristalin ve suda erimeyen albinoid. Kristalinler, tüm lens proteinlerinin %90'ını oluşturur ve alfa, beta ve gamma olmak üzere üç çeşittir. Alfa kristalin en büyük molekül yapısına sahip olup, doğumdan önce oluşur. Yaş ilerledikçe lens proteinleri alfa kristalin miktarı azalır ve albinoidler artar, bu da lens opasitelerine ve ışığın daha çok saçılmasına neden olur. Ancak katarakt gelişmese de suda erimeyen proteinlerin miktarında artış gösterilmiştir. Zamanla lensin toplam protein miktarında azalma olsa da kataraktlı gözlerde ürede erimeyen protein artışı belirgindir. Belirgin kahverengi kataraktlarda lens proteinlerinin % 90' ının ürede erimeyen formda olduğu görülmüştür. Bu durum lens kapsülünden kristalin kaybını düşündürür[9, 10].

Lens metabolizmasının amacı saydamlığı korumaktır. Yapısal bileşenlerin yapımı ve aktif taşıma gibi işlemlerin devamı için enerjiye ihtiyaç vardır. Lensin enerji üretimi glikoz metabolizmasına bağlıdır. Glikoz, aköz hümörden basit difüzyon ve kolaylaştırılmış difüzyonla alınır. Artıklar pasif difüzyonla atılır[9]. Glikoz, heksokinazla hemen Glikoz -6-fosfata dönüşür. Bundan sonra Glukoz -6- Fosfat iki ayrı yola girer :

1) Anaerobik Glikoliz

2) Hekzoz Monofosfat Yolu (HMP)

Anaerobik Glikoliz Yolu daha aktif olarak laktata giden yolda adenosin difosfatı(ADP) adenosin trifosfata(ATP) iki yerde çevirerek metabolizmaya gerekli enerjiyi kazandırır. Lens enerjisinin % 70'ini anaerobik glikoliz yoluyla sağlar. Lens epitelinde gerçekleşen Krebs siklusu ile elde edilen aerobik enerji sınırlıdır.lensin toplam enerji ihtiyacının %20'si bu yolla sağlanır[4]. Hekzoz monofosfat yolu, pentoz fosfat yolu olarak da bilinir. Lens glikozunun % 5'i bu yola girer ve daha ziyade lens içi glikozun çok arttığı durumlarda stimüle olur[9]. HMP yolu yağ asidi metabolizması için NADPH ve nükleotid biyosentezi için riboz oluşturur. Glikoz lenste çok arttığında glikoliz son ürünleri ile anaerobik glikoliz durdurulurken glikoz sorbitol yoluna girer ve sorbitol oluşur. Aldoz redüktaz bu yolun anahtar enzimidir. Lensin sorbitole geçirgenliği az olduğundan sorbitol birikir. Ayrıca sorbitol yolu ile NADPH'nin NADP'ye çevrimi HMP yolunu aktive ederek fruktoz birikimine de yol açar. Osmotik basınç artışı ile içeri su girer ve sonuçta fibrillerde şişme, lens yapısında değişim ve opasifikasyon görülür. Galaktoz da aldoz redüktazın substratıdır ve sonuçta galaktitol oluşur. Galaktitolde sorbitol gibi lenste birikir. Hayvan deneylerinde aldoz redüktazın aktif olduğu hayvanlarda lens opasiteleri oluşurken aldoz redüktaz eksikliğinde lensin saydam kaldığı görülmüştür[4, 9].

Serbest radikaller; lens fibril hasarı, membran ve plazma lipidleri peroksidasyonu, DNA hasarı, korteksteki protein ve lipidlerin hasarı,protein sentezi blokajı, protein ve lipidlerin birbirine bağlanması ve polimerizasyonu ile suda çözünmeyen agregat oluşumuna neden olur.Glutatyon peroksidaz, katalaz, süperoksid dismutaz enzimleri; oksidatif hasara karşı koruyucu enzimlerdir.Ayrıca vitamin E, askorbik asid de oksidatif hasara karşı korur[9].

Lensin elektrolit dengesinin sağlanması saydamlık için önemli bir faktördür. Elektrolit dengesi, lens hücre membranlarının geçirgenliği ve bazı aktif taşıma mekanizmalarının yardımı ile sağlanmaktadır. Hiç şüphe yoktur ki; lens metabolizmasının en önemli yeri, lens epitelidir. Lens, hümör aközden daha az sodyum, daha fazla potasyum içerir. Lensin hücre membranındaki aktif Na-K ATPaz pompası ile bu denge bozulmadan korunur. Potasyum, ön kapsülden aktif olarak içeri taşınırken; arka taraftan konsantrasyona göre pasif olarak vitreusa geçer. Sodyum ise, pasif olarak vitreustan lens içine geçer ve ön kapsülde aktif olarak potasyum ile değiştirilerek dışarı atılır. Lensin içindeki dışarıya göre çok yüksek olan kalsiyum konsantrasyonu ise, lens hücre membranındaki Ca - ATPaz ile sağlanır. Ca konsantrasyonunun artması lenste sitotoksik etki ile katarakt gelişimine neden olabilmektedir.

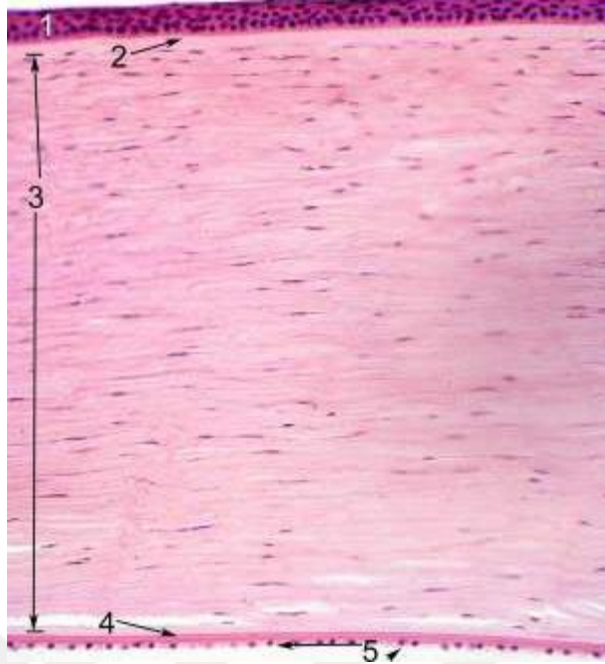
2.2. KORNEA

2.2.1. Anatomi

Kornea gözün ön kısmında bulunan saydam tabakadır. Esnek bir yapıya sahiptir ve damar içermez. Korneanın horizontal çapı yaklaşık 12,5 mm vertikal çapı ise 11,5 mm'dir. Korneanın kalınlığı santralde yaklaşık 500-550 mikron (μm)'dur ve periferde doğru kalınlık artar. Periferdeki korneal kalınlık 700-900 μm arasında değişmektedir. Kornea hava ve gözyaşı tabakası sayesinde gözün en önemli kırıcılık yüzeyini oluşturur. Kornea ön yüzünün kırma gücü yaklaşık olarak 48 diyoptri, arka yüzeyinin kırma gücü – 5,8 diyoptridir. Korneanın büyük oranda hümör aköz ve gözyaşı ile beslenmesi sağlanır. Korneanın periferik beslenmesinde limbal damarlar da katkıda bulunur.

Kornea 5 tabakadan oluşmuştur;

1. Epitel (30-50 μm)
2. Bowman zarı (10-14 μm),
3. Stroma (400-700 μm)
4. Descement membranı (3-12 μm)
5. Endotel (4-6 μm) olmak



Sekil 1. Kornea anatomisi, Hematoksilen-Eosin boyası ile (H+E) x32; 5 ayrı katman halinde seçiliyor[11].

Kornea Epiteli

Kornea epiteli, düzenli bir organizasyona sahip olan yassı epiteldir. Kornea epiteli çok gelişmiş bir rejenerasyon kapasitesine sahiptir. Korneanın ayrıca yabancı cisim ve mikroorganizmalara karşı koruma, su-elektrolit ve ilaçların difüzyonuna karşı bariyer oluşturma gibi görevleri bulunmaktadır.

Üç tip epitel hücresi içerir:

1. Bazal kolumnar hücreler: Bazal membrana hemidesmosomlarla bağlanan tek sıralı epitel tabakasıdır.
2. Kanat hücreler: Kanat benzeri çıkıntıları mevcut birkaç sıralık hücre tabakasıdır.
3. Yüzeyel hücreler: Üst sıradaki hücrelerinin yüzeyinde müsinin yapışmasını arttıran mikropilika ve mikrovilluslara sahip olan 2-3 sıralık poligonal hücrelerdir[12].

Kornea yüzeyini kaplayan ve lipid, aköz ve müsinden oluşan gözyaşı tabakası, stromaya göre hipertonic olmasından dolayı stromadan su uzaklaştırılmasında rolü vardır. Bu durum endotel fonksiyonunun azaldığı durumlarda daha da önem kazanır.

Gün içinde gözyaşının buharlaşmasına bağlı olarak ozmolaritesi artmasıyla stromadan su uzaklaştırılması fonksiyonu kolaylaşır. Hipertonik ajanların kornea ödeminde kullanılması bu temele dayanmaktadır. Atmosferik oksijen gözyaşı içerisinde çözünerek epitel aracılığıyla tüm korneaya yayılmaktadır.

Bowman Tabakası

Bowman, epitel ile stroma arasında bulunur. Hücresel içeriği ve çoğalma yeteneği olmayan bu tabaka korneanın şeklinin muhafaza edilmesinde yardımcı role sahiptir.

Stroma Tabakası

Bowman ve descemet membranı arasındaki tabakadır. Stroma korneanın iskeletini oluşturur, içerdiği kollajen lifleri aracılığıyla korneanın korunması, yapı ve şeklinin muhafaza edilmesi ve saydamlığının sağlanması görevleri vardır. Stroma limbustan limbusa uzanan ve birbirine dik açı ile yerleşmiş, 200 - 250 adet tip 1 kollajen lameli içermektedir. Glikozaminoglikanlar ise kollajen lamellerinin düzgün bir tabaka oluşturmaya katkıda bulunarak kornea saydamlığını sağlarlar. Ayrıca korneanın % 78 su içeriğini temin etmektedir[13].

Descemet membranı

Endotelin bazal membranıdır. Su ve diğer küçük moleküllerin geçişine izin verir. Stromadan kolaylıkla ayrılabilen descemet membranı travma sonrasında rejenere olabilir.

Endotel tabakası

Tek sıralı hegzagonal hücrelerden oluşan endotel tabakası sahip olduğu pompa fonksiyonu ile suyu stromadan uzaklaştırır ve stromanın kuruluğunu dolayısıyla stromada sıvı tutulumunu engelleyerek kornea saydamlığını sağlar. Endotel sayısı yaş ilerledikçe azalır Doğumda endotel hücre sayısı 350.000 ‘ dir. Endotel sayısının 500 hücre/milimetre karenin altına indiği zaman kornea ödemi gelişme olasılığı artmaktadır [13, 14].

2.3. AKOMODASYON

Gözün odaklandığı noktanın uzaktan yakına alınması olayına denir. Siliyer kasın zonüler lifler üzerindeki etkisi sonucu lens şeklindeki değişikliğe bağlıdır. Yaşla beraber lensin şekil değişikliği yapma özelliği ortadan kalkmaktadır. Akomodasyonda değişikliğin çoğu lensin ön santral yüzeyinde olur. Ön santral kapsül periferden ince ve ön zonüler lifler görme aksına daha yakın yerleşimli olduğundan akomodasyonda ön santral bölge bombeleşir. Siliyer kas kasıldığında zonüler lifler gevşer, lens daha sferik hale gelir; aksiyel kalınlığı ve dioptrik (D) gücü artar. Gevşediğinde ise lens düzleşir ve dioptrik gücü azalır(Helmholtz Teorisi). Akomodasyon III. Kranial sinirin parasempatik lifleri aracılığıyla sağlanır. Parasempatik ilaçlar akomodasyona neden olurken, parasempatolitik ilaçlar akomodasyonu engeller. Akomodasyon amplitüdü yaşla beraber azalır. Adolesan çağda 12–16 D olan akomodasyon dioptrisi, 40 yaşına gelince 4–8 D'ye, 50 yaşından sonra ise 2 D'ye kadar düşer. Yaşla beraber lensin sertleşmesi akomodasyon gücünü azaltır, bu presbiyopi olarak adlandırılır[9].

2.4. KATARAKT

Lensin ilerleyici olarak saydamlığını yitirmesidir. Katarakt tedavi edilebilir körlük nedenlerinin başında yer alır. Etiyolojide birçok neden sayılmakla birlikte katarakt oluşumu sırasında oluşan mekanizmalar tam olarak aydınlatılmış değildir. Bu nedenle de oluşumunun engellenmesinde henüz başarılı olunamamıştır. Günümüzde tek tedavi seçeneği olarak cerrahidir[4].

Katarakt Nedenleri[15]

1. Senil(Yaşa bağlı)

2. Konjenital

3. Travmatik

4. Lokal Oküler Hastalıklar: Üveit / inflamasyon, glokom, retina dekolmanı ve cerrahisi, retinitis pigmentosa, gyrate atrofi, persistan hiperplastik primer vitreus, Peters anomalisi, retinoblastoma, dejeneratif miyopi, siliyer tümörler, ön segment iskemisi

5. Sistemik Hastalıklar: Diabetes mellitus, galaktosemi, Lowe sendromu (okuloserebrorenal sendrom), Alport sendromu, Wilson hastalığı, Fabry hastalığı, Myotonik distrofi, hipoparatiroidi, hipokalsemi

6. Cilt Hastalıkları: İhtiyozis, Wegner sendromu, Rothmund-Thomson sendromu, atopik dermatit, inkontinentia pigmenti, cockayne sendromu

7. Santral sinir sistemi bozuklukları: Nörofibromatozis tip 2, Norrie hastalığı, Zellweger sendromu

8. Radyasyon (x-ray, ultraviyole ışınları, kızılötesi ışınlar, mikrodalgalar)

9. Toksik Nedenler: Steroidler, antikolinesteraz ve miyotik ilaçlar, fenotiazinler, busulfan gibi antimitotik ilaçlar, klorokin, amiodaron, bakır, demir, altın, klorpromazin

10. Kromozom Bozuklukları: Trizomi 21, trizomi 13, trizomi 18, kedi miyavlaması sendromu(cri du chat sendromu), 5. kromozomun kısa kolunun delesyonu, Turner sendromu

Senil Kataraktlar

En sık görülen katarakt türü olan senil katarakt dünya çapında önde gelen bir sağlık sorunudur. İleri yaş, beyaz ırk, diabetes mellitus, aile hikayesi, bazı ilaçlar, radyasyona maruz kalma, sigara içme ve miyopi senil katarakt gelişimi için risk faktörleridir[16-20]. Nükleer, kortikal ve subkapsüler olmak üzere üç grupta incelenebilir. Nükleer kataraktlarda yaşlanma ile birlikte lens nükleusu sertleşir ve pigmentasyonu artar. Biyomikroskopide nükleusun lameller yapısını kaybettiği ve kahverengi renk almaya başladığı görülür. Hastada miyopik kırma kusuru gelişebilir. Lensteki pigmentasyon arttıkça lens daha opak hale gelir. Kortikal kataraktlar tek başlarına ya da nükleer katarakt ile birlikte görülebilirler. Başlangıçta vakuoller izlenir ve kortikal lameller arasında saydam alanlar bulunur. Bu alanlar zamanla bulanıklaşır ve su çekerek büyürler. Bulanıklık daha çok periferden başlar. Kapsülden nükleusa kadar tüm korteks tutulduğunda bu duruma, matür katarakt denir. Subkapsüler kataraktta ise bulanıklık sıklıkla arka subkapsüler bazen de ön subkapsüler yerleşim gösterir. Diyabetlilerde ve uzun süreli steroid kullananlarda görülebilir. Biomikroskopide geriden aydınlatma ile daha iyi görülür ve kapsülün altında sadece ince parlak bir plak gibi tabaka oluşturur. Lensin kalan kısmı saydam olabileceği gibi, nükleer katarakt da bulunabilir[21].

2.5. KATARAKT CERRAHİSİ

Katarakt cerrahisi günümüzde dünya üzerinde en çok uygulaması yapılan cerrahi işlemlerdendir. Tarihte kataraktın belgelenen ilk tedavisi mil çekmedir (Fransızca coucher “yatağa yatırmak” eyleminden). Mil çekme göz anatomisinin kısıtlı olarak bilinmesinin bir sonucudur ve genellikle matür kataraktlı hastalara uygulanmıştır[22].

M. Ö. 25 ile M. S. 50 yılları arası yazılmış Celsus yazıtlarında, M. Ö. 300 yıllarında Philoxen olarak adlandırılan hekimlerin kataraktı tedavi ettikleri belirtilmiş ancak teknikleri hakkında bilgi verilmemiştir[23].

İlk çağlarda Arap cerrah Ammar'ın (996-1020) yumuşak kataraktlarda intralenticüler alandan kendi oyduğu bir tüp yardımıyla lensi emerek aspire etme yöntemiyle farklı bir boyut kazanmış ve böylece modern katarakt cerrahisinin temelleri atılmıştır [24].

Jacques Daviel (1696-1762) katarakt ekstraksiyonu yöntemiyle kornea alt kadranda kesi yapıp, kornea kaldırılıp, lens kapsülü çizilip, nükleus basıyla çıkartılıp, korteks küretajla uzaklaştırılıyordu[25]. Daviel'in ekstrakapsüler katarakt ekstraksiyonu (EKKE) bir yenilik ve mil çekme yöntemine göre önemli bir ilerlemeydi fakat yara iyileşmesi, üvea, retina ve vitreus prolapsusu ve oluşan ciddi inflamasyondan dolayı Daviel bu yöntemini % 50 başarılı olarak tarif etmiştir[22]. Sonrasında ilk olarak Samuel Sharp 1753'de başparmağı basısı ile kapsülü sağlam bırakarak kataraktlı lensi limbal kesiden çıkararak ilk başarılı intrakapsüler katarakt ekstraksiyonunu (İKKE) yaptı.

İngiliz cerrah Harold Ridley 1949 yılında ilk intraoküler lensi implante etmiştir[23, 26]. İlk defa fakoemülsifikasyon yöntemini 1967'de Charles Kelman tanıtmıştır[27, 28]. Kelman 1965 yılında günümüzdeki fakoemülsifikasyon cihazının temelini oluşturan irrigasyon aspirasyon ünitesini geliştirmiştir. 1967 yılında ise, enükleasyon planlanan ağrılı ve görmeyen bir gözde ilk fakoemülsifikasyon işlemini uygulamıştır[29].

Konvansiyonel Fakoemülsifikasyon yöntemi 3mm' lik bir kesiden ön kamaraya girilerek ultrasonik enerji ile lens nükleusunun parçalanması ve bütün lens materyalinin otomatik irrigasyon aspirasyon sistemi ile göz dışına çıkartılmasıdır[30]. Ancak İOL yerleştirilebilmesi için kesinin genişletilmek zorunda kalınmasından dolayı fakoemülsifikasyon yöntemi 1980'li yıllara kadar geniş kabul görmemiştir[31].

1984 yılında Mozocco'nun katlanabilir İOL'ü tanıtması, 1984-1985 yıllarında Gimbel ve Neuhan tarafından kapsüloreksisin geliştirilmesi, dikişsiz uygulanan "self-sealing" korneal ve skleral tünel insizyonların geliştirilmesi, fakoemülsifikasyon yönteminde endotel travmasını azaltan viskoelastiklerin geliştirilmesi, hidrodiseksiyon ve hidrodelineasyonun tanımlanması, fakoemülsifikasyon tekniğinin ilerlemesine önemli katkıda bulunarak Fakoemülsifikasyonu bugünkü popülaritesine ulaştırmıştır[32].

Katarakt cerrahisine viskoelastik maddelerin girişi Pape ve Balzs tarafından 1979 yılında olmuştur[33]. 1965-1972 yılları arasında Cornelius Binkhorst İOL' e destek sağlanması için arka kapsülün sağlam olması gerektiğini bildirmiştir.

Continuous Curvilinear Capsulorhexis (CCC) 1990 yılında Gimbel ve Neuhann tarafından tanımlanmıştır ve günümüzde modern katarakt cerrahisinin önemli bir basamağı olarak yerini almıştır[34].

2.6. FAKOEMÜLSİFİKASYON

1960'larda Dr.Charles Kelman tarafından geliştirilen fakoemülsifikasyon yönteminin ancak 1971'de patenti alınabilmiştir[35].

Fakoemulsifikasyon (FAKO) cerrahisinin, klasik EKKE cerrahi yöntemleri ile kıyaslandığında, kısa ameliyat süresi, küçük kesi nedeniyle daha az astigmatizma ve erken görsel iyileşme gibi birçok avantajı vardır. Ameliyatın küçük kesi ve kapalı sistemle uygulanması da ameliyat sırasında ve sonrasında oluşabilecek iris prolapsusu, hifema, ekspulsif hemoraji, kistoid maküla ödemi, retina dekolmanı gibi riskleri azaltmaktadır. Tekniğin görece zor olması, öğrenim sürecinde komplikasyon riskinin yüksek olması ve ekipmanların pahalılığından dolayı ameliyat giderlerinin artması ise dezavantajlar olarak değerlendirilebilir [36].

FAKO, ultrason aracılığıyla lens materyalinin parçalara ayrılarak temizlenmesini sağlayan kapalı sistem EKKE cerrahisidir. FAKO aygıtları temel olarak üç ana sistemden oluşmaktadır. Bunlardan ilki kataraktlı lensi emülsifiye ederek kırmak için kullanılan ultrason enerjisidir. Bu sayede yaklaşık 10 mm boyutlarındaki kataraktlı lens küçük parçalara ayrılarak 2-3 mm'lik kesilerden temizlenebilmektedir. İkinci bölüm ultrason etkisi ile oluşan parçacıkları emmek ve ön kamara derinliğini korumak için

gerekli olan sıvı irrigasyonunu sağlayan askılı şişe sistemidir. Üçüncü ve son sistem ultrason enerjisinin itme etkisiyle parçalara ayrılan lens içeriğini FAKO elciğinin ucundan ayrılmasını önleyerek emen aspirasyon sistemidir[37]. Bu üç sistem ayak pedalı ile kontrol edilir.

Fakoemülsifikasyon yönteminin temelinde, kapalı devre bir sistem oluşturularak göze giren ve çıkan sıvı dengesinin sağlanması ve bu sayede ön kamara derinliğinin korunması yatmaktadır. Fakoemülsifikasyon aygıtının irrigasyon, aspirasyon ve parçalama özellikleri bulunmaktadır[37].

Irrigasyon:

Ultrasonik ucun çevresinde sağlanan sürekli irrigasyon ile hem ön kamara derinliği sağlanabilmekte hem de irrigasyon sıvısının soğutucu etkisi ile fakoemülsifikasyon sırasında ortaya çıkan ısının çevre dokulara hasar vermesi önlenmektedir.

Aspirasyon:

Fakoemülsifikasyon cihazının aspirasyon sisteminde 3 adet aspirasyon pompası vardır. Peristaltik, venturi ve diyafram olmak üzere. Bütün pompalardaki sistem oklüzyonun oluşmasına bağlıdır. Genel olarak bu pompaların hepsi etkilidir. Vakum yükselme zamanı değişik pompa tiplerinde farklıdır. Vakum yükselme zamanı aspirasyon akış hızı ile ters orantılıdır. Akış hızı arttıkça yükselme zamanı kısalacaktır. Karşıt olarak, aspirasyon akış hızı yarıya indiğinde vakum yükseliş zamanı iki katına çıkar[10]. Aspirasyon yolu tıkanmadığı sürece vakum etkisi oluşmayacaktır. Aspirasyon pompaları arasında istenilen vakum gücüne ulaşma süreleri açısından farklılıklar vardır.

Parçalama:

Cihazın elciğindeki piezoelektrik kristali ile elektrik enerjisi yüksek frekanslı bir vibrasyon oluşturur ve bu titanyum uca uzunlamasına titreşim olarak iletilir. Elde edilen mekanik enerji lens materyalinin emülsifikasyonunu sağlar. Çeşitli açılarda fakoemülsifikasyon uçları kullanılabilir.

Fakoemülsifikasyonun Avantajları[37]

1. Ameliyat sırasında ve sonrasında birçok yarar sağlayan devamlı, yuvarlak bir kapsül açıklığı gerektirmektedir.
2. Derin bir ön kamara sağlandığından fako ucunun arka kapsül, endotel ve irise teması engellenmektedir.
3. Korteks aspirasyonu çok daha hızlı ve tam olarak yapılabilmektedir.
4. Göz içi lensi(IOL) çok daha küçük bir kesi ve daha kısa bir sürede implante edilebilmektedir.
5. Düzenli kapsülorektis sayesinde IOL santralizasyonu sağlanabilmektedir.
6. Cerrahi sırasında göz içi basıncı normal sınırlarda tutulduğundan arka kapsül yırtılması riski azalmaktadır.
7. Küçük kesi nedeniyle ameliyat sonrası astigmatizma daha az olmakta ve daha hızlı görsel iyileşme gerçekleşebilmektedir.
8. Ön kamara dalgalanmalarının olmaması nedeniyle retina dekolmanı ve ekspulsif hemoraji gibi komplikasyonların sıklığı azalmıştır.

2.7. FAKOEMÜLSİFİKASYON CERRAHİSİNDE KESİLER

Modern katarakt cerrahisi, kornea kurvatüründe mümkün olan en az değişikliğe yol açarak hızlı görsel iyileşmenin sağlandığı küçük kesiler aracılığı ile yapılmaktadır. Kesinin ölçüsü kullanılan elciğin ucunun çapı ile ilişkilidir.

Kesiler, yerleşimine göre limbal, skleral ve korneal olmak üzere üç grupta incelenir.

2.7.1. Limbal Kesiler

a. Direkt limbal kesi: Konjonktivanın hemen önünden, kullanılacak GİL' çapından biraz daha uzun, yüzeye dik bir kesiyi takiben, hafifçe eğimli olarak ön kamaraya girilir.

b. Limbokorneal tünel kesi: Önce GİL' in girebileceği genişlikte, oküler yüzeye dik ve doku kalınlığının % 50'sini içerecek şekilde bir kesi yapılır. Daha sonra limbo-korneal tünel kesi yapıp, tünelin sonunda açığı dikleştirilerek ön kamaraya girilir.

2.7.2. Skleral Tünel Kesileri

Sklral tünel kesiler üç aşamadan oluşur: sklral oluk, sklral tünel ve korneadan ön kamaraya giriş. İlk iki aşamaya dış kesi, son aşamaya iç kesi denir. Önce limbustan 2 mm geriden, %50 sklral kalınlıkta limbusa paralel yay şeklinde (curvilinear), düz (linear) veya limbusa göre ters yay şeklinde (frown) ön kesi yapılır. Bu ön kesiyi takiben ayça bıçaklarla sklera diseke edilerek sklral tünel oluşturulur. Ön kamaraya Schwalbe çizgisinin hemen önünden doğrudan girilir. Bu şekilde yapılacak bir keside korneal valf etkisi olmadığından kesi kendiliğinden kapanmaz, dikiş gerektirir. Kesi yapılırken, ön kamaraya yaklaşıldığında, saydam korneada irise paralel 1.5-2 mm ilerlenip, bıçağın ucu geriye yönlendirilerek Descemet membranı seviyesinde ön kamaraya girilirse, kesi göz içi basıncı etkisi ile kendiliğinden kapanır. Sklral uç genişliği 7 mm'ye kadar olan kesilerde dikiş gerekmez[27, 38].

Sklera kesilerinde cerrahiye bağlı astigmatizma, kesi limbustan uzaklaştıkça azalır. Sklral oluğun şekli de cerrahi astigmatizmayı etkiler ve önemlidir. İdeal şekil, limbusa göre ters yay şeklindeki kesidir. Bu tür kesilerde kesi uçları geriye doğru uzanmakta ve daha az astigmatizma gelişmektedir. Sklral oluk çok derin girilmişse sklera flebi çok kalın olur ve bıçak ön kamaraya tahmin edilenden daha erken ve damarlı iris köküne daha yakın girer. Eğer sklral oluk çok yüzeysel girildiyse, sklera flebi çok ince olur ve yırtılmaya veya düğme deliği defektlere eğilim gösterir. Sklera kesisi çok uzun ise cerrah ön kamarada FAKO ucunu manipüle etmede sorun yaşayabilir. Ek olarak kornea striası ve distorsiyonu cerrah FAKO ucunu manipüle ettikçe görüşü azaltabilir[10].

2.7.3. Saydam Kornea Kesileri

Saydam kornea kesisi, hızlı bir cerrahiye ve görsel iyileşmeye olanak verdiği için pek çok cerrahın tercihidir. Doğrudan korneaya uygulandığı için kanamaya yol açmaması da bir diğer üstünlüğüdür. Filtrasyon blebi olan trabekülektomili gözlerde blebe zarar vermemesi, skatrizan hastalığı olanlarda uygulanabilmesi, sklral tünele göre fako probunun daha kolay hareketi ve görüntülenmesi, kanama diyatezi olanlarda kanamasız cerrahi olanağı vermesi ve topikal anestezi ile uygulanabilmesi saydam kornea kesilerinin avantajlarından bazılarıdır. Temporal saydam korneal tünel kesiler, üstten

yapılan kesilere göre görme eksenine daha uzak oldukları için refraktif olarak daha stabildirler.

---Tek planlı bir basamaklı stab kesi Fine tarafından 1992’de tanımlanan saydam korneal kesi prototipidir. Genişliği 1.75-3 mm olan bıçak ile bıçak ucu aşağıya ön kamaraya doğru itilerek Descement membranı kesilip ön kamaraya girilir. Ön kamaraya girildiği anda elmas bıçak iris hattına paralel şekilde ilerletilerek tünel oluşturulur[39].Bu keside oluk yoktur, dış basınç ile en kolay sızdıran kesidir.

---Çok düzlemlili bir kesidir. Yüzeye dik saydam kornea kesisi ile oluk oluşturulmakta, önce irise paralel bir tünel oluşturulup sonra 45° eğimle ön kamaraya girilmektedir. Dolayısıyla, tünel oluğun tabanından başlamaktadır.

--- Önce stromal derinliğin %75’ ini kapsayacak bir oluk oluşturulur. Daha sonra oluğun 1/3 derinliğinden başlayan tünel kesisi yapıp, son olarak bıçak dikleştirilerek ön kamaraya girilir. Oluk ile tünel düzlemlerinin farklı olması sızdırmazlığı sağlayan bir valf etkisi oluşturur. Dış basınca Fine tekniğinde daha dayanıklı bir kesi elde edilir.

2.8. ASTİGMATİZMA

Astigmatizma, gözün kırıcı ortamlarının meridyenlerinde kırma gücünün farkları olması sonucunda göze gelen ışın demetinin tek bir noktada odaklanamamasıdır. Gözün optik yüzeylerinin eğriliklerindeki düzensizlikler veya lensin kırma indeksindeki eşitsizlikler sebebi ile oluşur. Genelde yassı ve dik meridyenler gözde birbirine 90° diktir. Astigmatizma % 70 oranında bilateral ve simetriktr. İnsanların %95’inde astigmatizma vardır ve %85’i 1 - 1,25 D’ yi geçmez[40, 41].

Meridyenler arasındaki diyoptri gücü farklılığı üniform ise **düzenli**, meridyenler arasındaki farklılık optik zonun her yerinde farklı ise **düzensiz** astigmatizmadan söz edilir. Düzensiz astigmatizmayı gözlük camı ile düzeltmek mümkün değildir ve sert kontakt lens kullanılması gerekir. Düzenli astigmatizmada vertikal meridyen daha kırıcı ise **kurala uygun**; horizontal meridyen daha kırıcı ise **kurala aykırı** astigmatizma denir. Meridyenler 70-110° ile 160-20° sınırlarının dışında yer alıyorsa buna **oblik** astigmatizma adı verilir. Kurala uygun astigmatizmalar dikey eksen (+) veya yatay eksen (-) değerli silindirik camlarla düzeltilirken, kurala aykırı olanlar dikey eksen

(-) veya yatay ekseninde (+) değerli silindirik camlarla düzeltilir. Yapısal olarak korneanın ön yüzünde dikey çapın, yatay çaptan daha kısa olmasına bağlı olarak 0,50-0,75 D'lik kurala uygun astigmatizma mevcuttur; ancak bu değer kornea arka yüzü ve lense bağlı olarak gelişen 0,25-0,50 D'lik kurala aykırı astigmatizma tarafından sıfırlanır. Bu dengenin bozulması halinde astigmatizma kusurları ortaya çıkar. Astigmatizmada en önemli rolü kornea ön yüzü oynar. Lense bağlı ortaya çıkan astigmatizmalara **lentiküler** astigmatizma denir ve lens eğriliklerindeki eşitsizlikten çok, lensin hafifçe eğik olmasına bağlı olarak ortaya çıkar[40].

Astigmatizmada göze paralel gelen ışın demeti tek bir noktada değil, *Sturm Konoidi* formunda iki fokal çizgide odaklanır. Konoidin ön ve arka fokal çizgileri arasındaki mesafe direkt olarak astigmatizma derecesiyle ilişkilidir. Astigmatizma ne kadar büyükse fokal çizgiler arasındaki mesafe o kadar artar. Astigmatizma düzeltilirken silindirik camlarla bu iki fokal çizgi birbiri üzerine getirilerek konoidin tek bir nokta şekline getirilmesi amaçlanır. Oluşan fokal nokta retina üzerinde değilse, sferik camlar eklenerek fokal noktanın retina üzerine getirilmesi sağlanır. Astigmatizmalar Sturm Konoidinin ön ve arka fokal çizgilerinin retinaya konumlarına göre üçe ayrılır[40]:

- 1- *Basit Astigmatizma*: Konoidin fokal çizgilerinden biri retina üzerindeyken diğeri retinanın önünde ya da arkasında yer alır.
- 2- *Bileşik (Kompoze) Astigmatizma*: Konoidin fokal çizgilerinin her ikisi de retinanın önünde veya arkasında yer alır.
- 3- *Karışık (Mikst) Astigmatizma*: Konoidin fokal çizgilerinden biri retina önündeyken; diğeri arkasında yer alır.

2.8.1. Ameliyat Sonrası Korneal Astigmatizma

Katarakt cerrahisinden sonra, gelişebilecek korneal astigmatizma kesiye bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Yapılan herhangi bir müdahalenin veya cerrahi yöntemin, kornea kurvatürüne nasıl etki ettiğinin ve etkinin büyüklüğünün değerlendirilmesi son derece önemlidir. Kesinin uzunluğu, morfolojisi, genişliği, kullanılan sütürün materyali katarakt cerrahisinin ilk günlerinden itibaren incelenmiş ve geliştirilmiştir. Astigmatizmayı düzeltmeye dönük girişimlerin etkinliklerinin değerlendirilmesi,

cerrahinin neden olduğu astigmatizmanın analizine dayanmaktadır. Amaç her zaman cerrahi esnasında ve sonrasında astigmatizmayı kontrol altına almak olmuştur[27].

Cerrahiye bağılı indüklenmiş astigmatizmanın değerlendirilmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Kullanılacak yöntem optik olarak anlamlı, tanım olarak istikrarlı ve bireysel ve toplu çalışmalarda doğru sonuçları verebilmelidir. Bu yöntemlerden bazıları basit çıkarma, cebirsel çıkarma, Cravy metodu, polar değerlerin değişimi ve vektör analizidir[42].

Astigmatizma analizinde, sadece dioptrik değeri ele alan basit değerlendirmeler oldukça kolay olmakla birlikte yeterli değildir. Astigmatizmanın aksında meydana gelen değişim de önemlidir. Aks değişim gösterdiğinde, dioptrik değer değişmese bile, aslında astigmatizma etkilenmiştir ve "İndüklenmiş astigmatizma" adını alan bu etki, basit matematiksel işlemlerle hesaplanamaz. Bu açıdan astigmatizmaya ilişkin ifadeleri, belirli bir boyut (D) ve yöne (aks) sahip olan kuvvet vektörleri gibi ele alıp, analiz etmek yerinde bulunmuştur. "Vektör analizi" adını alan bu işlem, günümüzde astigmatizmayı içeren sonuçların incelendiği her çalışmanın önemli bir parçası haline gelmiştir[43].

İndüklenmiş astigmatizma analizinin grafiksel dökümünde sıkça kullanılacak olan ve 180 derecelik aks yerleşimini, 360 derecelik tam bir çembere tamamlayan bu grafiğe, "çifte açıldırılmış harita" (=doubled angled plot) adı verilmektedir[44, 45]. Vektör analizinde çifte açıldırma, hem ifadeyi hem de analizi kolaylaştıran bir yaklaşımdır. Bu nedenle, analitik geometride ve trigonometrik analizlerde, astigmatizma akslarının iki katları dikkate alınarak işlem yapılır ve işlemlerin sonunda, sonuç açı ikiye bölünerek, astigmatizma aksı bulunur. Vektör analizi yapmanın başlıca yöntemleri grafik, lensmetre ve matematiksel analiz yöntemleridir[46].

1. Grafik yöntemi

Grafik yöntemi, cetvel, pergel ve milimetrik kağıt gibi bazı donanımlar gerektirir. Başlangıç ve sonuç astigmatizma koordinat eksenine birer vektör gibi çizilir. Vektör yönü ve astigmatizma aksı arasındaki ilişki uyumsuzluğunu, astigmatizma aksının iki katının ele alınarak çözülebileceğinden daha önce bahsedilmişti. Bu nedenle analiz

öncesi, astigmatizma aksları iki ile çarpılıp, vektör yönü olarak işaretlenir, indüklenmiş astigmatizma vektörü ölçüldükten sonra, vektör yönü tekrar ikiye bölünerek, indüklenmiş astigmatizma aksı bulunur.

$$(\text{İndüklenmiş astigmatizma}) = (\text{Sonuç astigmatizma}) - (\text{Başlangıç astigmatizma})$$

Yukarıdaki formüle göre indüklenmiş astigmatizmanın hesaplanacağı işlem çıkarmadır. Bu nedenle bu iki vektör aynı noktadan başlatılmalıdır. Bu durumda onların uçlarını birleştiren vektör, aralarındaki farkı veren vektör olup, indüklenmiş astigmatizmaya ilişkin kuvvet vektörünü temsil etmektedir.

2. Lensmetre yöntemi

Lensmetre (fakometre) aleti ve deneme camları dışında donanım gerektirmez. Lensmetre yönteminde söz konusu refraksiyona uygun camlar üst üste yerleştirilerek sonuç refraksiyon ölçülür. Camlar aynen üst üste konup, refraksiyon ölçülürse, toplam refraksiyon bulunmuş olur. Çıkarma işlemi için, çıkarılacak refraksiyonun işareti ters çevrilip, aksı aynı bırakılmalıdır. Anlatıldığı kadar kolay bir işlem değildir. Yaklaşık sonuç verir. Her iki yöntemin avantajı, küçük hata paylarıyla, kolay ve güvenilir sonuçlar vermesi; dezavantajı ise, her analiz için, aynı işlemi baştan sona yeniden yapmayı gerektirmesidir. Bu nedenle az sayıdaki olgu analizi için uygun, çoğul analizler için kullanışsız birer alternatif durumundadırlar.

3. Matematiksel yöntem

Burada elimizdeki astigmatik değerler, grafik yönteminde olduğu gibi, önce vektörlere dönüştürülmektedir. Ancak indüklenen astigmatizma, çizim yoluyla değil, matematiksel işlemler ile dolayısıyla yaklaşık değil, kesin sonuçlar şeklinde hesaplanır[42].

2.8.2. Cerrahi Olarak Uyarılmış Astigmatizma Hesaplama Metodları

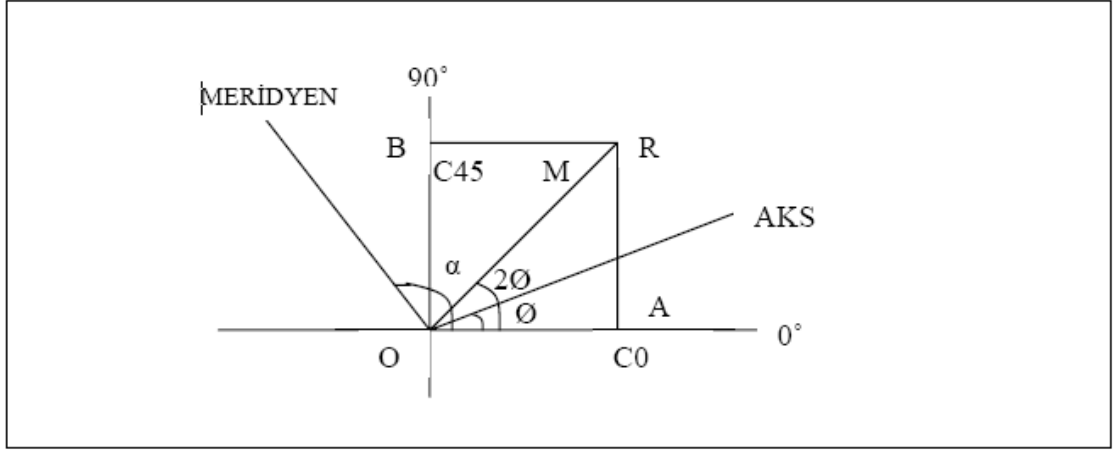
Değerlendirme yöntemlerinin en basiti, çıkarma metodudur. Buna göre, düz ve dik keratometrik değerler arası fark astigmatizmanın büyüklüğünü, dik keratometrik değer in aksı da astigmatizmanın aksını belirler. Bu şekilde hesaplanan astigmatizmanın preoperatif ve postoperatif değerleri arasındaki fark ile cerrahi uyarılmış astigmatizma

belirlenir. Ancak bu şekilde hesaplanan astigmatizma üç boyutlu korneal yapı için yeterince tanımlayıcı değildir.

Örneğin 42,00 D ve 43,00 D' lik keratometri değerleri arasındaki fark ile 38,00 D ve 39,00 D'lik keratometri değerleri arasındaki fark eşit olmasına rağmen üç boyutlu uzayda aynı vektörü ifade etmezler. Ayrıca bu şekilde astigmatizmanın yönü ile ilgili bilgiler kaybedilmektedir.

Astigmatizmayı üç boyutlu uzaysal düzlemde hem büyüklük hem de yön olarak doğru bir biçimde ifade edebilmek için çeşitli arayışlar içine girilmiştir. Bennett, basit astigmatik dekompozisyon yöntemi ile vektör analizini önerirken[47] Holladay uygulanan formüllerde verteks mesafesi ve korneal refraktif indeks değerlerinin de hesaba katılması gerektiğini, ancak bu düzeltmelerden sonra sağlıklı değerlendirme yapılacağını öngörmektedir[45]. Holladay' in analitik yaklaşımında silindir değerin büyüklük ve aksı x ve y Kartezyen değerlerine çevrilerek hesaplanır. Alpins ise astigmatik sonuçları değerlendirmede vektör analizine ilaveten, cerrahi sonuçları “fark vektörü”, “başarı indeksi”, “ayarlama katsayısı” gibi indekslerle değerlendirir[45]. Alpins' e benzer şekilde, Kaye ve Patterson da vektör analizine ek olarak “global düzeltme indeksi” gibi indeksleri kullanarak astigmatizmayı hesaplar[48]. Naeser metodunda, astigmatik değer birbirinden 45 derece ayrı bulunan iki polar değere ayrılarak polar analiz yöntemiyle değerlendirilir[49]. Harris' in yönteminde ise astigmatizma değişikliğini üç boyutlu olarak açıklamaya çalışan lineer optik ve matrisler kullanılarak daha kompleks bir analiz yapılır[50].

Astigmatizma hesabında bu kadar çok yöntem geliştirilmiş olması basit, kolay uygulanabilen ve astigmatizmayı tam olarak değerlendirecek en iyi yöntemin bulunmamış olmasından kaynaklanmaktadır. Bu yöntemler içinde en basiti kabul edilebilecek vektör analizinde silindir değer 0 ve 45 derecelik vektöryel komponentlere ayrılır, çünkü farklı doğrultulardaki astigmatik değerler basit bir matematiksel işlemle toplanıp çıkarılamazlar. Astigmatı büyüklüğü ve yönü olan bir vektör olarak düşünersek, iki astigmatik değerin toplamı ancak vektöryel olarak mümkündür. Bu yaklaşımda açı değeri iki katına çıkarılır, çünkü uzaysal koordinat sisteminde tam açı 360 derecedir. Buna göre şekil 2’de OR vektörü ile gösterilen silindir değeri hesaplanır.



Şekil 2. Bennet'in astigmatik dekompozisyon metodu

Bennet'in astigmatik dekompozisyon metoduna göre, α meridyeninde, M büyüklükte astigmatizma varlığında, silendirik değerin gerçek aksı $\emptyset$ ' dir ($\emptyset = \alpha + 90$) . Tüm açılar iki katına çıkarıldıktan sonra OR vektörü ile gösterilen silendir değeri OA şeklinde apsisine; OB şeklinde ordinatına ayrılır.

M büyüklükte ve $\emptyset$ aksındaki silendir için 2 vektöryel komponent şu şekilde hesaplanır[51].

$$C0 = M * \cos 2\emptyset$$

$$C45 = M * \sin 2\emptyset$$

$$M = OR = \sqrt{C0^2 + C45^2}$$

$$\text{Sonuç silendir} = Mr = \pm \sqrt{(\sum C0)^2 + (\sum C45)^2}$$

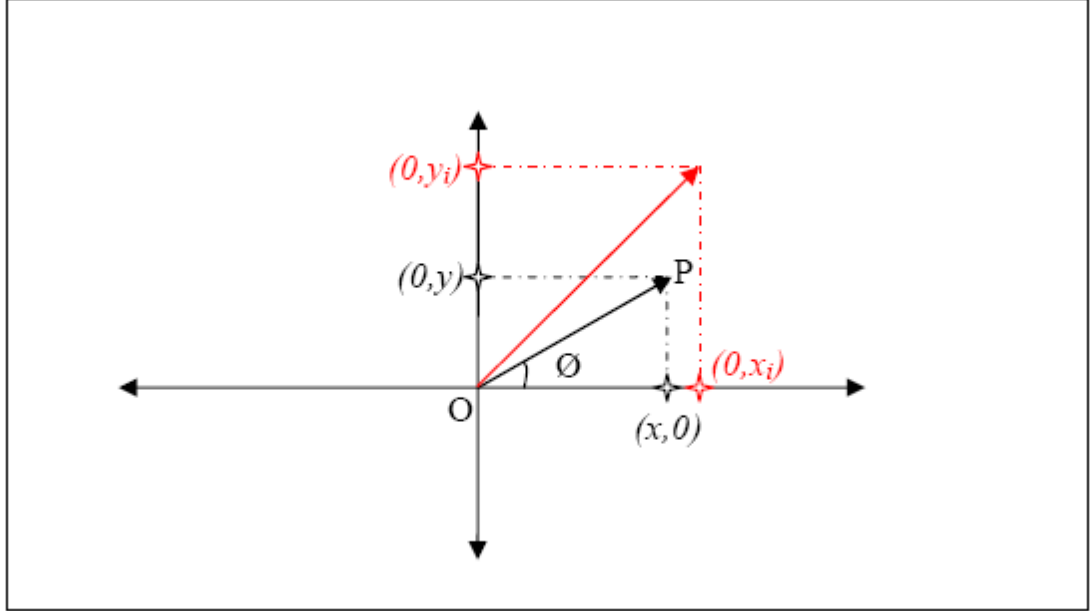
$$\text{Sonuç aks} = \emptyset_r = \text{Arctan} [(Mr - \sum C0) / \sum C45]$$

M = Dioptri cinsinden net astigmatizmanın büyüklüğü

α = Net astigmatizmanın derece cinsinden meridyeni

$\emptyset = (\alpha + 90) = \text{Net astigmatizmanın derece cinsinden aksı}$

Benzer bir metotta polar değerlerin koordinat sistemindeki kartezyen değerlere çevrilerek hesaplanmasıdır[45] (Şekil 3).



Şekil 3. Kartezyen koordinat sistemi

Kartezyen koordinat sisteminde her nokta x ve y eksenlerindeki iz düşümlerinin bileşenleri olarak gösterilir. OP vektörü, OX ve OY vektörlerinin toplamına eşittir.

M büyüklükte ve Ø aksındaki silendirin kartezyen değeri aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$x = M * \cos 2\theta$$

$$y = M * \sin 2\theta$$

Bu şekilde kartezyen değerleri alınan birden fazla sayıdaki astigmatik değerlerin ortalama değerini bulmak için de x ve y değerlerinin ortalaması alınır

$$\text{ortalama } x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\text{ortalama } y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

Kartezyen değer astigmatizmanın standart polar değer şekli ile gösterilmek istendiğinde, hesaplama aşağıdaki gibi yapılır.

$$\text{Silendir değeri} = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\text{Açı değeri} = \frac{1}{2} * \text{Arc tan}\left(\frac{y}{x}\right)$$

Eğer x ve $y > 0$ ise $\text{Aks} = \text{Açı}$

Eğer $x < 0$ ise $\text{Aks} = \text{Açı} + 90^\circ$

Eğer $x > 0$ ve $y < 0$ ise $\text{Aks} = \text{Açı} + 180^\circ$ şeklinde hesaplanır.

$$\text{KP} = \text{M} * [52]$$

Burada Ω ve $(\Omega + 90)$ incelenmekte olan birbirine dik iki meridyeni temsil etmektedir.

Formül Ω ve $(\Omega + 90)$ doğrultusundaki iki düzlemdeki dioptrik farkı, yani polar değeri hesaplar.

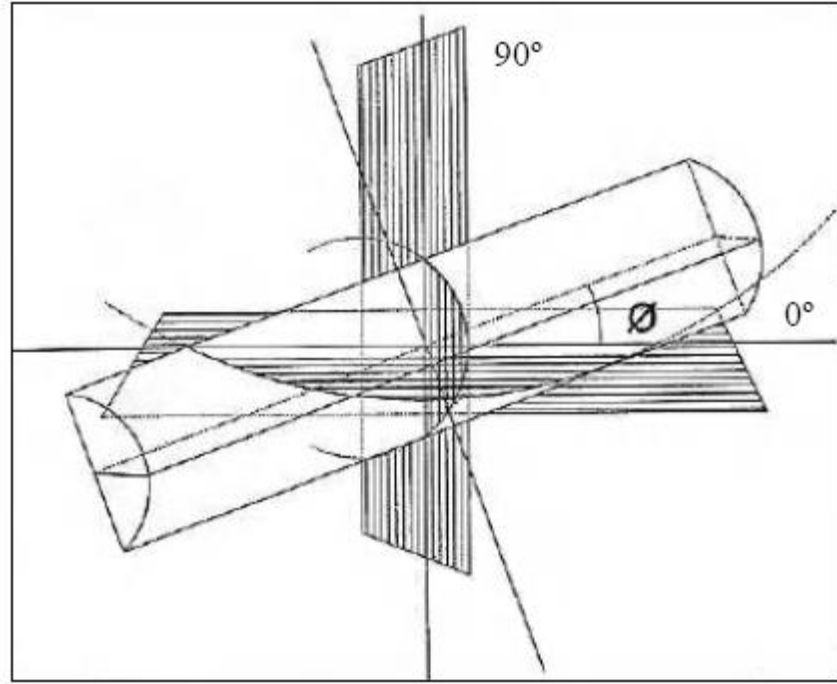
Ω değeri farklı seçildiğinde farklı düzlemler incelenebilir.

Örneğin $\Omega = 90$ olduğunda formül şu şekli alacaktır:

$$\text{KP}(90) = \text{M} * (\sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha)$$

Bu formülle kurala uygun (90 derecedeki) ve kurala aykırı (180 derecedeki) komponentler arasındaki denge ölçülür.

Polar değer metodu ile astigmatizmanın büyüklüğü ve yönü tek bir ifadeye dönüşmüş olur (Şekil 4).



Şekil 4. Polar değer metodu

M gücündeki ve α meridyenindeki (ya da Ø aksındaki) net silindir değerin vertikal komponenti $M \cdot \sin 2\alpha$ iken horizontal komponenti $M \cdot \cos 2\alpha$ olarak hesaplanır.

İncelenen düzlem Ω meridyenine göre saatin aksi istikamette 45 derece çevrildiğinde bu oblik meridyenin polar değeri:

$$\begin{aligned} AKP(+45) &= M * \{ \sin^2[(\alpha+90) - (\Omega+45)] - \cos^2[(\alpha+90) - (\Omega+45)] \} \\ &= M * \{ \sin^2[(\alpha+45) - \Omega] - \cos^2[(\alpha+45) - \Omega] \} \end{aligned}$$

Böylece herhangi bir net silindir değeri 45 derece ark ile ayrılmış iki polar değer tarafından özel bir şekilde karakterize edilmiş olur.

Preoperatif net silindir ($A@a$) ve postoperatif net silindir ($B@b$) ise, polar değerler hesaplanmak istendiğinde formül şu şekli alacaktır:

$$AKP_{preop} = A * \{ \sin^2[(a+90) - a] - \cos^2[(a+90) - a] \} = A$$

$$AKP(+45)_{preop} = A * \{ \sin^2[(a+45) - a] - \cos^2[(a+45) - a] \} = 0$$

$$AKP_{postop} = B * \{ \sin^2[(b+90) - a] - \cos^2[(b+90) - a] \}$$

$$AKP(+45)_{postop} = B * \{ \sin^2[(b+45) - a] - \cos^2[(b+45) - a] \}$$

Negatif bir ΔAKP değeri cerrahi meridyende düzleşmeyi, pozitif bir ΔAKP değeri ise cerrahi meridyende dikleşmeyi gösterirken, pozitif ve negatif $\Delta AKP(+45)$ değerleri sırasıyla saat yönünün aksi istikamete ve saat yönünde torku (astigmatizma doğrultusunda meydana gelen değişiklik) gösterir[49]. Bu değer büyüdükçe cerrahiye bağlı olarak daha fazla silindirik rotasyon meydana geldiği anlaşılr. Oblik meridyendeki polar değer sıfıra eşitse rotasyon olmadığı anlamına gelir.

Vektör analizi, astigmatizma büyüklüğü ve yönü ile karakterize astigmatik değişikliği verirken, polar değer metodu, sıklıkla cerrahi meridyen olmak üzere daha önce seçilen bir doğrultudaki düzleşme ya da dikleşmeyi gösterir. Bu iki metod matematiksel olarak birbirleri ile koreledir[51].

2.8.3. Korneal Topografi

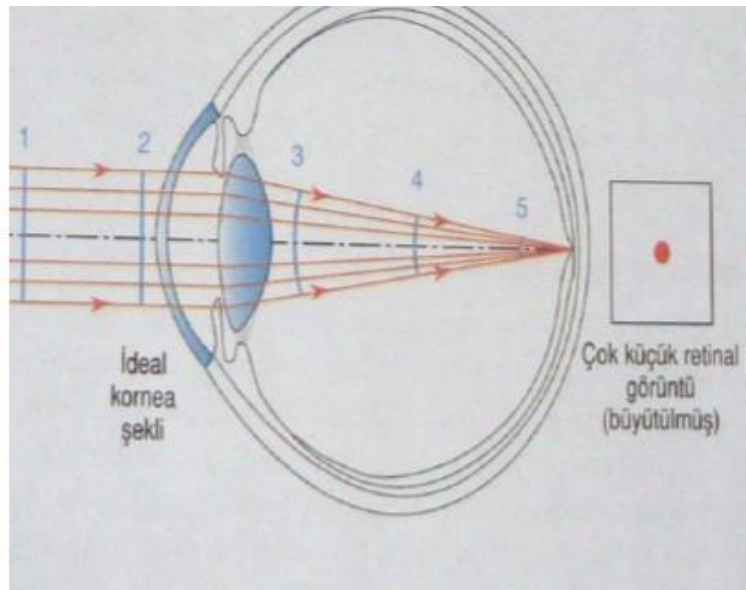
Sirius cihazı, rotasyon yapan Scheimpflug bir kamera ve küçük açılı Placido disk topografi cihazı kombinasyonu ile çalışır. 25 Scheimpflug görüntü ve bir tane Placido görüntü bir araya getirilerek amaçlanan görüntü elde edilir. Placido disk 22 halkadan oluşur, 22 Placido halkası sayesinde kornea ön yüzey topografisi değerlendirilir. 25 Scheimpflug görüntü ise; kornea ve ön segment analizi yapar, kornea arka yüzey topografisi, 12 mm'ye kadar kornea pakimetrisi değerlerini verir. Sirius cihazı hızlı ve nonkontakt bir yöntemdir. Hasta başı ve çenesi sabit olup, her iki gözü açık olarak oturur. Hastanın ölçüm yapılacak gözü hedefe fikse olmalıdır. Bu sırada çekimi yapan kişi çekim ile eş zamanlı olarak çekim yapılan gözün görüntüsünü, makinanın işaretlediği pupil kenarını ve kornea apeksini bilgisayar ekranında izler, ekrandaki yönergelerin (horizontal, vertikal ve ön arka eksen) yardımı ile cihazın kumandasını kullanarak görüntüyü santralize eder. Scheimpflug görüntü, kornea ön yüzeyi ve lens arka yüzeyi arasındaki alanın komple bir resmidir. Dönen Scheimpflug kamera iki saniye içinde rotasyonunu tamamlayarak çok sayıda Scheimpflug görüntü elde etmektedir. Tarama sonrası tercih edilen yarıklı görüntü sayısına göre elde edilen gerçek elevasyon noktaları değerlendirilir ve ön segmentinin 3 boyutlu modeli oluşturulur[53]. Görüntü alındıktan sonra cihaz bu görüntüleri 'akıllı haritalar'olarak adlandırılan haritalar şeklinde sunar. Bu haritalar açılan birçok menüyü kullanarak görüntülenebilmektedir.

2.9. WAVEFRONT (DALGA ÖNÜ ANALİZİ)

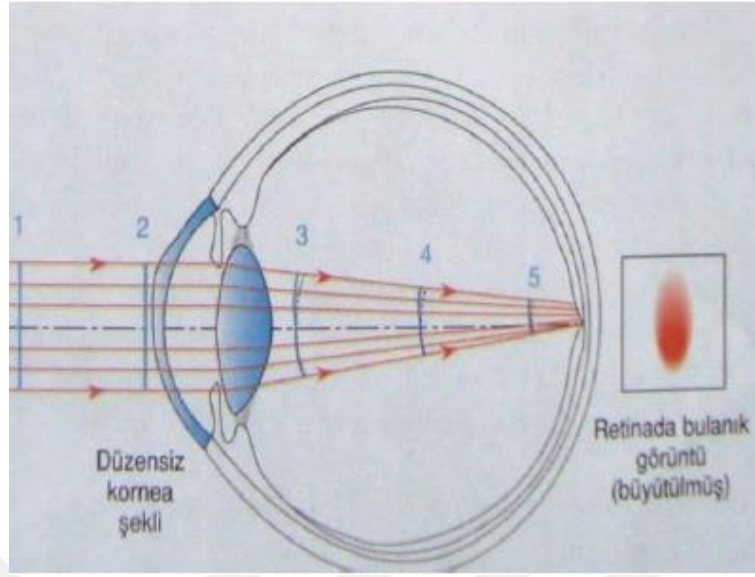
Wavefront (Dalga önü analizi) ışık dalgalarının bir noktadan ayrılırken oluşan şekillerinin ve optik ortamlardan nasıl etkilendiğinin analiz edilmesidir. Monokromatik ışık kaynağı homojen olan bir ortamda her yöne sabit bir hızla yayılan öncü dalgalar üretir. Uzayda ışık kaynağından eşit uzaklıktaki noktaların elektromanyetik değerleri aynıdır ve bu noktaların birleşimi wavefrontu oluşturur. İdeal durumda wavefront sferiktir[54].

Aberasyonu olmayan, ideal bir optik sistemde optik sonsuzdan görüntülenen bir cisim paralel ışık demetleri oluştururlar. Belirli anlarda belirli bir noktadan salınan ya da yansıyan fotonlar ışık ışınlarının yayılım yönlerine dik olarak yönlendirilmişlerdir ve wavefront olarak tanımlanır. Sonsuzdan gelen paralel ışık ışınları düzeysel wavefrontlar oluşturur. Sonrasında kornea ve lens tarafından kırınımına uğrayan wavefront iç bükey küresel bir şekil alır. Bu sferik wavefront ideal bir optik sistemde makulada yoğunlaşır ve küçük bir retina görüntü noktasını oluşturur. İdeal bir optik sistemde ışınlar retina üzerinde tek bir noktada odaklanmıştır ve nettir.

Aberasyona sahip bir gözde oluşan wavefrontlar ideal küreler değildir. Aberasyona uğramış wavefrontlar makulada yoğunlaşır fakat tek bir noktada toplanamazlar ve retinal görüntü bulanık olur.



Şekil 5. İdeal optik sistemde ışınların retina üzerinde tek bir noktada toplanması[55]



Şekil 6. Aberasyonu olan bir gözde ışınların retinada tek bir noktada odaklanamaması[55]

Oküler Aberasyonlar:

Oküler aberasyonlar 2 ana tipe ayrılır: kromatik aberasyonlar ve monokromatik aberasyonlar.

- Kromatik aberasyonlar: Gözün optik elemanlarının ışığı ayrıştırması sonucu oluşur. Bu kusur oküler materyalin optik özellikleri ile ilişkili ve göz komponentlerinin optik şeklinden bağımsız olması nedeniyle refraktif cerrahi teknikleriyle düzeltilemez[56].

-Monokromatik aberasyonlar: Spesifik dalga boyundaki görünür ışığı kapsar. Düşük sıralı aberasyonlar ve yüksek sıralı aberasyonlar olmak üzere İki alt gruba ayrılır. Monokromatik aberasyonlar tek başına düzeltilse bile görme kalitesi artar[56].

Düşük sıralı aberasyonlar (LOA) ortalama wavefront kusurunun yaklaşık %85' ini oluştururlar gözlük, kontakt lensler ve refraktif cerrahi ile düzeltilerler. Koma, sferik aberasyonlar ve diğer yüksek sıralı aberasyonlar ortalama wavefront kusurunun yaklaşık %15'ine karşılık gelirler[56]. Yaşla birlikte korneal hastalıklar veya katarakt gibi nedenlere bağlı olarak kornea ve lens arasındaki denge bozulur ve yüksek sıralı aberasyonlar (HOA) belirginleşir. Yüksek sıralı aberasyonlar gözlükle ya da kontakt lensle düzeltilemez.

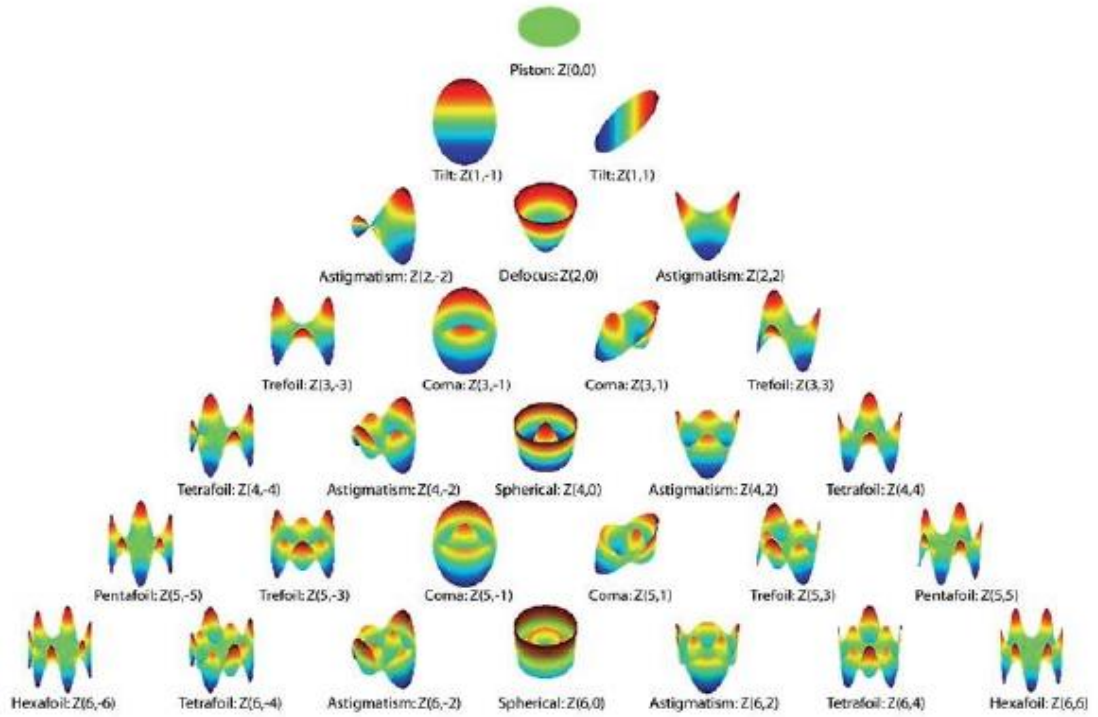
Wavefront' un Zernicke polinomlarına ayrıştırılması

Günümüzde Wavefront aberasyonları wavefront yüzeyleri tanımlamak için kullanılan matematik formüllerden oluşan Zernicke polinomları ile tanımlanır. Zernicke polinomlarının kullanılarak wavefront aberasyon yüzeylerine ait grafikler oluşturulur. Bu fonksiyonlar genellikle bir piramidi temsil ederler. Bu piramidin tepesinden tabanına doğru gidildikçe oküler aberasyonların derecesi artar. Her Zernicke fonksiyonu bir polinomun veya bir sinüs ve kosinüs fonksiyonunun ürünüdür[54, 57].

Ayrıştırma her polinom için katsayı değerinin ayrıca belirlenmesi için yapılır. Her Zernicke terimine verilen katsayı RMS (root mean square), öncü dalganın total standart deviasyona katılımına karşılık gelir[54]. Aberasyon haritasının Zernicke spektrumundaki katsayıların tek tek karelerinin toplamının karekökü Total RMS wavefront kusurunu verir. Tek tek radyal düzende 'n' sayısı ile belirtilerek bu kat sayılar listelenebilirler. Zernicke polinomları iki numara ile gösterilir. 'n' ile gösterilen birinci parametre polinomun radyal dağılımındaki sıralanmasını gösterir. Sıra sayısı büyüdükçe ana özellikler daha periferde doğru yer değiştirir. 'm' ile gösterilen ikinci parametre polinomun rotasyonel simetrisini (açısal frekans) verir[54].

Düşük Sıralı Aberasyonlar: 0, 1 ve 2. Sıra aberasyonlardır. Wavefront kusurunun yaklaşık %85 'ini oluşturmaktadır[56, 57]

$n=0$ aberasyonlar (piston) : İmajda distorsiyona yol açmayan sabit faz kaymalarıdır. Tüm lokalizasyonlara aynı sabiti eklemektedir.



Şekil 7. Zernicke Piramidi: Tabana doğru inildikçe aberasyonların derecesi artmakta[58]

$n=1$ aberasyonlar (tilt) : İmajın pozisyonunu etkilerken optik kalitesini değiştirmeyen prizmatik etkidir. İdeal wavefrontun şeklini bozmaz ancak orijinal pozisyonundan kaymasına neden olur. Oküler yapıların açılanmasındaki farklılıktan kaynaklanır.

0 ve 1. düzey aberasyonlar fıkse eden gözde imaj kalitesini etkilemedikleri için fıkse eden gözün monokromatik optik aberasyonları hesaplanırken göz ardı edilirler[54].

$n=2$ aberasyonlar: Miyopi, hipermetropi ve düzenli astigmatizma ikinci sıra düşük sıralı aberasyonlardır. Miyopinin yaptığı aberasyona pozitif defokus denir. Hipermetropinin yaptığı aberasyon ise negatif defokus olarak adlandırılır. Regüler (silindirik) astigmatizma silindire benzer bir wavefront aberasyon oluşturur.

Yüksek Sıralı Aberasyonlar: 3. düzey ve daha yüksek aberasyonlar yüksek düzey aberasyonlardır[54, 57]. Pupil dilate edildiğinde artan bu aberasyonlar ortalama wavefront kusurunun % 15'ini oluştururlar.%

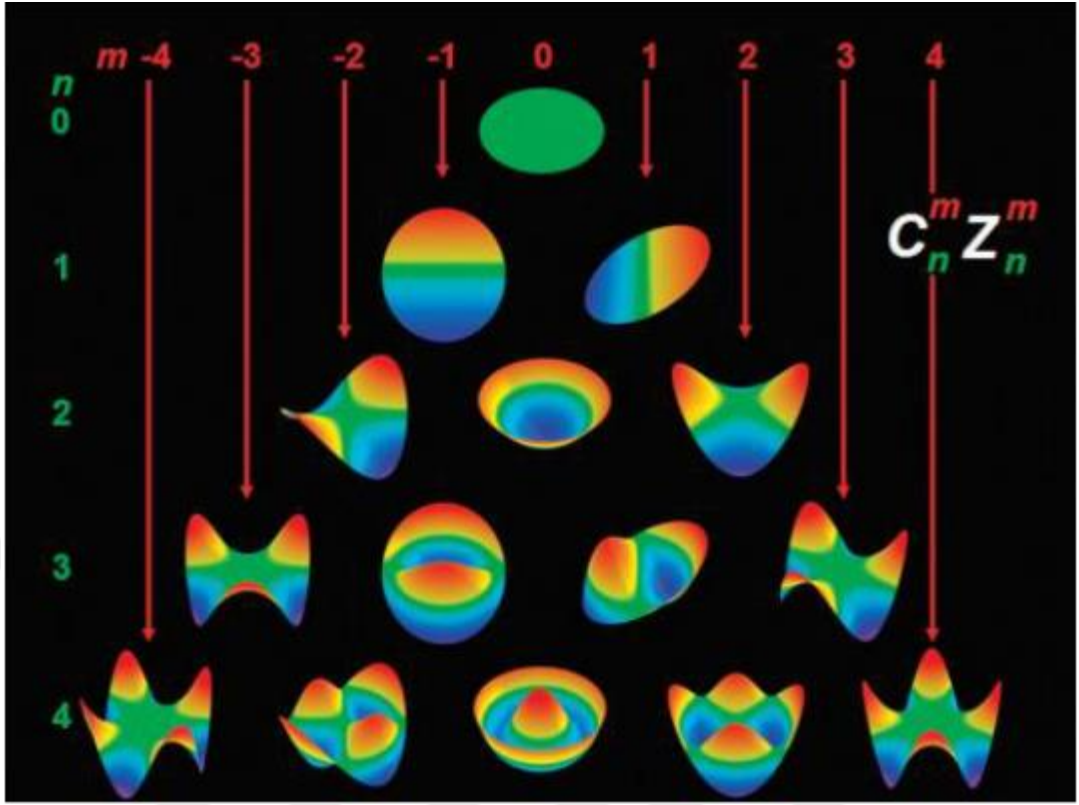
n=3 aberasyonlar: Koma ve trefoil aberasyonlarıdır. Koma aberasyonu refraktif cerrahi sonrası siktir. Koma ameliyat sonrası dönemde İOL' ün tilte olmasına ve desantralizasyonuna bağılı olarak oluşabilir. Refraktif cerrahiden sonra görülen bir diğerk üçüncü düzey aberasyon trefoildir. Yaklaşık RMS büyüklüğündeki komaya göre görüntü kalitesini daha az düşürür.

n=4 aberasyonlar: Tetrafoil (quadrafoil), sekonder astigmatizma ve primer SA (sferik aberasyon) 4. sıra aberasyonlardır. Periferal ve santral ışık ışınlarının retina üzerinde aynı noktada odaklanamaması sonucu oluşur. Periferal ışınlar santral ışınların önünde odaklanırsa pozitif sferik aberasyon; arkasında odaklanırsa negatif sferik aberasyon adını alır[59]. İnsan gözünde sferik aberasyona neden olan iki ana kaynak kornea ve lenstir. Normalde kornea pozitif SA' ya, lens ise negatif SA' ya sahiptir ve aralarında bir denge söz konusudur. Yaşla birlikte veya refraktif cerrahi sonrası bu denge bozulabilir[59].

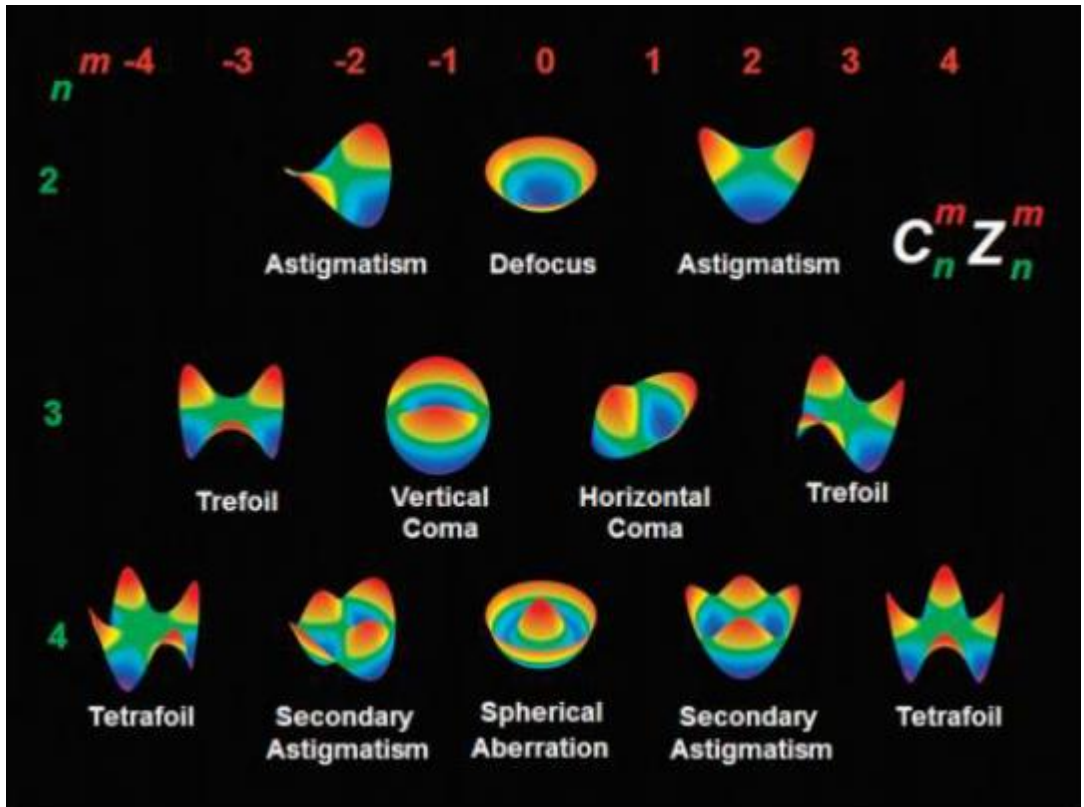
n=5 ve üzeri aberasyonlar: Pentafoil (C55) hekzafoil (C66) gibi aberasyonların yanı sıra yüksek sıralı trefoil, koma, astigmatizma ve SA bu gruplar içerisinde yer alabilir. Nadir olan bu gruptaki aberasyonların görme kalitesi üzerindeki etkileri azdır.

Koma, sferik aberasyon ve diğerk yüksek sıralı aberasyonların tedavi edilmeleri gerekir. Çünkü optik kaliteyi, kontrast sensitiviteyi ve fonksiyonel görmeyi belirgin olarak azaltırlar. Görme keskinliği ve kalitesi üzerine etkili iki esas aberasyonun SA ve koma olduğu görülmüştür. Bu nedenle çalışmalarda genellikle İOL uygulaması sonrasında bu iki tip aberasyon üzerinde durulmuştur.

Wavefront analizi yapan aletlere aberometre denir. Hartmann Shack prensibi (çıkan yansıma aberometresi), Tscherning prensibi (retinal hayal aberometresi), Retinal ışın izleyici (raytracing) teknik gibi aberometre çeşitleri vardır.



Şekil 8. Ölçülen wavefront kusurlarını temsil eden bir araya getirilmiş zernicke modları[60]



Şekil 9. İkinci, üçüncü ve dördüncü seviye aberasyonlar[60]

2.10. WAVEFRONT VE PUPİL ÇAPI

Dilate pupilla ile ölçülen öncül dalga ölçümü referans alındığında bulunan temel öncül dalganın, pupillanın doğal halinde ölçülen ‘gerçek öncül dalga’dan farklı olduğu bulunmuştur. Bu fark ‘öncül dalga değişimi’ olarak adlandırılır[55].

Emetrop bir göz pupil çapı 2,5 mm’den küçük ise aberasyonsuzdur. Bu pupil çapında retinal imajın boyutunu etkileyen tek faktör pupil kenarından ışık ışınlarının kırınımıdır. Pupil çapı arttığında retinal imajın kalitesi, optik aberasyonlara bağlı olarak azalır. Ancak optik aberasyonların olmadığı ideal gözde retinal imaj kalitesi, pupil dilate iken kırınım etkisi azalacağından artacaktır. Bu göz ‘kırınım-limitli’ şeklinde tanımlanır. Normal bir göz için yüksek sıralı aberasyonların düzeltilmesi özellikle pupil çapı geniş olduğunda görme kalitesinin artırılması açısından önemlidir[54].

Adaptif optik denen düzeltme değişimleri makinelere ilave edilerek gerçek wavefront görüntünün optik sistemlerde tekrar bozulması en aza indirilmeye çalışılmaktadır. Bu ölçümlerde akomodasyon göz ardı edilip uzağa odaklanılır ve Zernike katsayısı hesaplamalarında teorik pupil büyüklükleri değerlendirmeye alınmaz [55].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Polikliniği' ne Ekim 2016 ile Haziran 2017 tarihleri arasında başvuran katarakt tanısı almış 132 hastanın 132 gözü çalışmaya dahil edilmiştir. Fakültemiz etik kurulundan onay alındıktan sonra, çalışmaya dahil edilen hastalardan bilgilendirilmiş onam formları alınmıştır. Ayrıca Helsinki Deklerasyonu' nda yer alan prensiplere uyulmuştur.

Tüm hastalara rutin görme keskinliği, biyomikroskopik muayene, aplanasyon tonometri, otorefraktometri(Nidek AR600A, Nidek Co, Japonya), keratometri, optik koherans tomografi (OCT) ve fundus muayenesini içeren rutin göz muayenelerinden sonra korneal topografisi Placido disk ve Scheimpflug görüntüleme (Sirius topografi cihazı, Costruzione Strumenti Oftalmici, Florence, İtalya) ile yapılmıştır.

Göz içine yerleştirilecek merceğin dioptrisi optik biyometri (Topcon, Tokyo, Japonya) cihazı ile hesaplanmıştır.

Cerrahi öncesi ve sonrası topografik keratometrik değerleri Alpins metodu ile hesaplanarak, kesi yerinin cerrahinin indüklediği astigmatizmaya etkisi karşılaştırılmıştır. Cerrahi indüklenmiş astigmatizma; total kornea, anterior kornea ve posterior kornea için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Korneal bozukluğu olan hastalar (pterjium, korneal skar, korneal haze, korneal yetmezlik), önceden korneal cerrahi geçirmiş hastalar (post-lasik, geçiriliş perforasyon), intraoperatif komplikasyon geçiren hastalar ve buna bağlı ön vitrektomi yapılmış

hastalar (korneal yanık, zonuler dializ, arka kapsül rüptürü), cerrahi sonrasında herhangi bir nedenle korneal sütür atılan hastalar çalışmaya dahil edilmemiştir.

Hastalar katarakt operasyonundaki saydam korneal insizyon yerine göre; superiordan (saat 12'den) giriş yapılan hastalar kısa tünel ve uzun tünel kullanılarak, temporal kadrandan (sol gözde saat 3'den ve sağ gözde saat 9'dan) giriş yapılan hastalar yine kısa tünel ve uzun tünel kullanılarak 4 gruba ayrılmıştır. Kısa tünel gruplarında keratom bıçağı iris yüzeyine paralel bir hareketle ilerletilerek tek düzlemde insizyon gerçekleştirildi. Uzun tünel gruplarında keratom bıçağı korneal yüzeye teğet yerleştirildi ve bıçağın üzerindeki işarete kadar kornea stromasında ilerletildi, işarete gelince descement membranına enetire olarak ön kamaraya girildi.

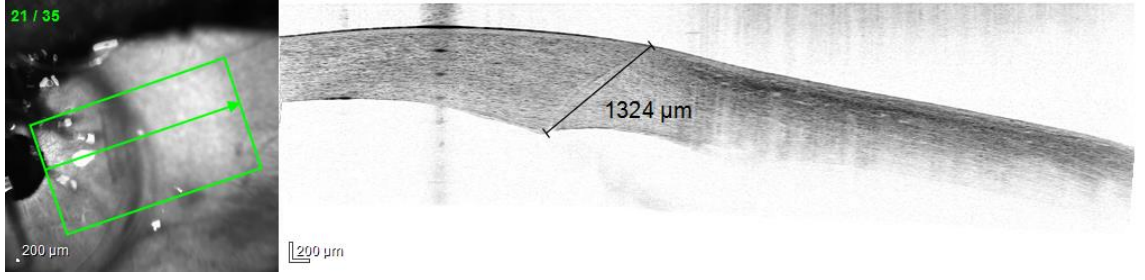
Operasyondan 1 saat önce tüm hastalara dilatasyon sağlamak için tropikamid (Tropamid %0,5), fenilefrin HCl %2,5 (Mydrin) ve siklopentolat %1 (Sikloplejin) 3 kez damlatılmıştır. Povidon iyot %10 ile cerrahi saha temizliği yapıldıktan sonra yapışkanlı örtü (drep) ile göz örtülmüş ve kapak ekartörü yerleştirilmiştir. %5'lik povidon iyot göz yüzeyine 3 dakika uygulandı. Ameliyatlar lokal anestezi (2 cc lidokain hidroklorüradrenalin, 2 cc bupivakain HCL-glucose-monohydrate % 0,5 kullanılarak subtenon lokal anestezi) ya da topikal anestezi (oksibuprokain (Alcaine damla, Alcon, İstanbul, Türkiye) damlatılarak) altında yapılmıştır.

Anestezi sonrası 2,8 mm' lik üçgen keratom bıçak (Beaver X Star Safety Slit knife, Beaver-Visitec International, Inc. Massachusetts, USA) kullanılarak saydam korneal insizyon açılmıştır. Saydam korneal insizyon toplam 132 göz olmak üzere 33 gözde superiordan kısa tünel kullanılarak (SUP kısa tünel), 35 gözde superiordan uzun tünel kullanılarak (SUP uzun tünel), 33 gözde temporalden kısa tünel kullanılarak (TEM kısa tünel) 31 gözde temporalden uzun tünel kullanılarak (TEM uzun tünel) gerçekleştirilmiştir. Bu dört grup arasında cerrahi yöntem olarak kesi yeri ve oluşturulan tünel uzunluğu dışında fark yoktur. Tüm ameliyatlar standart fakoemülsifikasyon yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Ön kapsülün görülemediği kataraktlarda, ön kamaraya hava verildikten sonra tripan mavisi ile ön kapsül boyanmıştır. % 1.4' lük sodyum hyaluronat verilerek ön kamara derinliği sabitleştirilmiştir. Kistotom ile ön kapsül çizilerek flep oluşturulmuş ve Utrata penseti ile 5-6 mm çapında devamlı kurvilineer kapsülöreksis (CCC) yapılmıştır. 20 gauge(G) MVR bıçak ile iki adet yan giriş açılmış sonrasında

hidrodiseksiyon ve hidrodeliniasyon yapılarak nükleus hareketlendirilmiştir. Fakoemülsifikasyon cihazıyla (Whitestar Signature Phacoemulsification system, AMO, Illinois, ABD) emülsifiye edilmiştir. Daha sonra kalan korteks bakiyeleri bimanuel irrigasyon/aspirasyon yardımıyla uzaklaştırılmış sonrasında kapsül içine sodyum hyaluronat verilerek tüm gruplara tek parçalı hidrofilik akrilik (Ocuva A625- VSY Biotechnology, Istanbul, Turkey) veya hidrofobik akrilik (Tecnis 1 piece IOL- Abbott Medical Optics Inc. Santa Ana, California, United States) katlanabilir lens kartuş sistemi ile 2,8 mm'lik kesiden kapsül içine implante edilmiştir. Bimanüel irrigasyon/aspirasyon yardımıyla viskoelastik temizlendikten sonra, ön kamaraya 0,1 cc sefuroksim sodyum verilmiştir. Korneal ana kesi ve yan girişler BSS ile yapılan stromal hidrasyon ile kapatıldı. Kesi yerlerinin sızdırmazlığı kontrol edilerek ameliyata son verilmiştir.

Çalışmaya katılan tüm hastalar ameliyat öncesinde, ameliyat sonrasında 1. ay yapılan rutin muayenelerine ek olarak korneal topografi ölçümleri ile değerlendirilmiştir. Hastaların keratometri değerleri topografi ölçümlerinden elde edilmiştir. Ameliyat sonrası 1. hafta muayenesinde açılan tünel uzunlukları ön segment optik kohorens tomografi (OCT) (Heidelberg Engineering Co. Heidelberg, Germany) ile görüntülenmiştir. Tünel uzunlukları 15° tarama açısında 15x5 radial limbal patern ile tarandı. Her tarama 21 doğrusal B taramasından oluşmaktadır. Kaliteli analiz için 20'nin üzerinde tarama gerekmektedir(maksimum=40). Radial taramalar süperior ve temporal anaporttan yapıldı. İnsizyonun görünürlüğünü artırmak için hastalara aşağı yada nazale bakmaları istenmiştir. İnsizyonun iç ve dış dudakları kaliper ile işaretlenip, aralarındaki mesafe lineer olarak otomatik yazılımla ölçülmüştür.

İstatistiksel analiz SPSS software(Version 22; IBM Inc., Chicago, IL, USA) programı kullanılarak yapılmıştır. Verilerin normal dağılımı Shapiro-Wilk testi kullanılarak test edilmiştir. Gruplar arasındaki karşılaştırmalar, Kruskal-Wallis testi, Wilcoxon signed-rank testi veya uygun olduğu durumlarda ANOVA ile gerçekleştirildi. Veriler medyan, çeyrekler arası aralık (% 25-75) ve ortalama olarak sırasıyla normal olmayan ve normal dağılımlı veriler için standart sapma olarak ifade edildi. Parametrik ve non-parametrik değişkenler için sırasıyla Pearson ve Spearman analizi ile korelasyon analizi yapıldı. Kategorik veriler ki-kare testi ile analiz edildi. 0.05'den düşük p değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.



Şekil 10. Tünel uzunluğunun ön segment OCT ile görüntüsü

4. BULGULAR

Bu çalışmamızda 4 grup bulunmaktadır. SUP kısa tünel grubunda (15 sağ göz, 18 sol göz) 33 hasta (17 erkek, 16 kadın), SUP uzun tünel grubunda (19 sağ göz, 17 sol göz) 35 hasta (14 erkek, 21 kadın), TEM kısa tünel grubunda (20 sağ göz, 13 sol göz) 33 hasta (19 erkek, 14 kadın), TEM uzun tünel grubunda (15 sağ göz, 16 sol göz) 31 hasta (15 erkek, 16 kadın) bulunmaktadır. SUP kısa tünel, SUP uzun tünel, TEM kısa tünel, TEM uzun tünel gruplarında cinsiyet dağılımı anlamlı ($p > 0.05$) farklılık göstermemiştir. SUP kısa tünel, SUP uzun tünel, TEM kısa tünel, TEM uzun tünel gruplarında göz dağılımı anlamlı ($p > 0.05$) farklılık göstermemiştir. Ameliyat sonrası 1. haftada ölçülen tünel uzunlukları SUP kısa tünel grubunda ortalama 1156 ± 76 mikron, SUP uzun tünel grubunda ortalama 1588 ± 101 mikron, TEM kısa tünel grubunda ortalama 1109 ± 78 mikron, TEM uzun tünel grubunda ortalama 1535 ± 70 mikrondur (Tablo 1). Kısa tünel ve uzun tünel boyutları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır($p < 0.05$).

Tablo 1. Gruplar Arasında Cinsiyet Dağılımı ve Ortalama Tünel Uzunlukları

		SUP Kısa Tünel		SUP Uzun Tünel		TEM Kısa Tünel		TEM Uzun Tünel		p	
		Ort.±s.s.	Med	Ort.±s.s.	Med	Ort.±s.s.	Med	Ort.±s.s.	Med		
Tünel		1156±76	1152	1588±101	1578	1109±78	1107	1535±70	1516	<0.001	
Cinsiyet	Kadın	17	51,5%	23	65,7%	13	39,4%	17	54,8%	0,187	X ²
	Erkek	16	48,5%	12	34,3%	20	60,6%	14	45,2%		
Göz	Sağ	15	45,5%	19	54,3%	20	60,6%	15	48,4%	0,620	X ²
	Sol	18	54,5%	16	45,7%	13	39,4%	16	51,6%		

^K Kruskal-wallis (Mann-whitney u test) / ^{X²} Ki-kare test

Araştırmamızda SUP uzun tünel grubunda gözlerin %50'sinde, SUP kısa tünel grubunda gözlerin %51.5'inde, TEM uzun tünel grubunda gözlerin %58.1'inde, TEM kısa tünel grubunda gözlerin %62.5'inde kurallı astigmatizma saptanmıştır. Grupların hepsine baktığımızda gözlerin %55.6'sında kurallı astigmatizma, %44.4'ünde kuralsız astigmatizma bulunmuştur. Tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık izlenmemiştir.

Dört grupta ameliyat öncesi total korneal astigmatizma değerleri SUP kısa tünel grubunda 0.84 dioptri (D), SUP uzun tünel grubunda 1.01D, TEM kısa tünel grubunda 0.56D, TEM uzun tünel grubunda 1.00D olarak tespit edildi. Anterior korneal astigmatizma değerleri SUP kısa tünel grubunda 0.95D, SUP uzun tünel grubunda 1.17D, TEM kısa tünel grubunda 0.62D, TEM uzun tünel grubunda 1.05D olarak tespit edildi. Posterior korneal astigmatizma değerleri SUP kısa tünel grubunda 0.35 dioptri (D), SUP uzun tünel grubunda 0.39D, TEM kısa tünel grubunda 0.30D, TEM uzun tünel grubunda 0.30D olarak tespit edildi. Dört grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p > 0.05$). (Tablo 2)

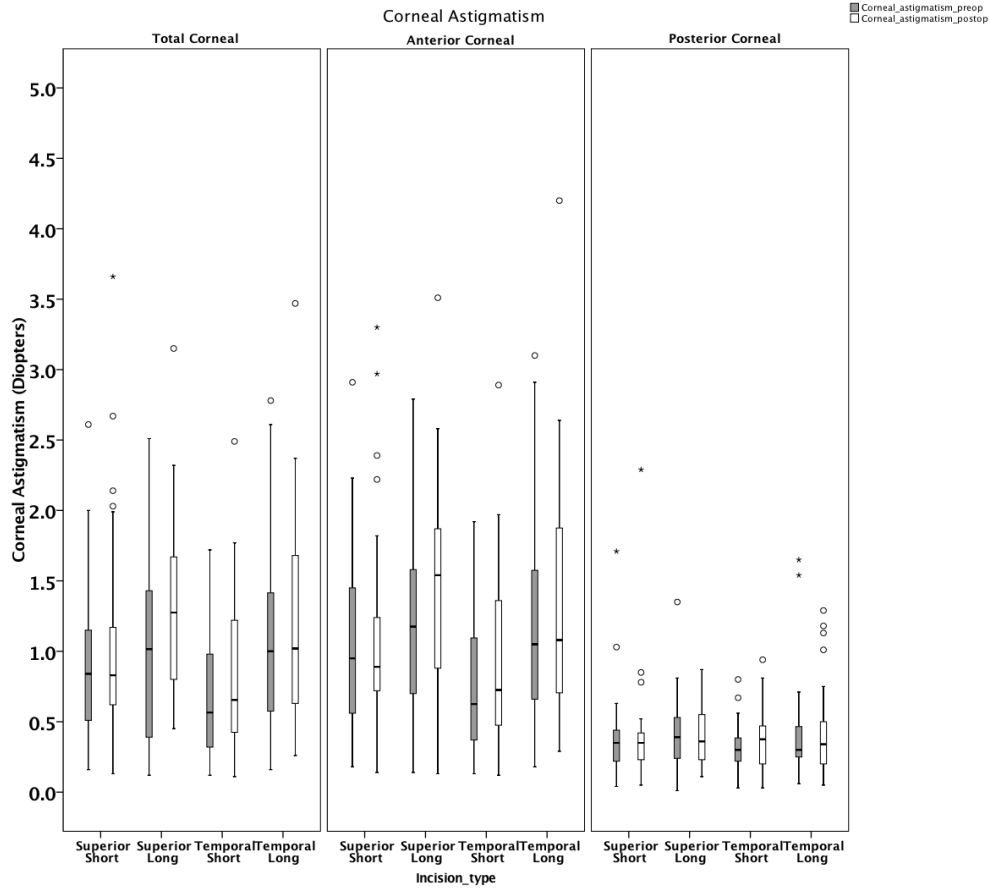
Ameliyat sonrası 1. aydaki ortalama total korneal astigmatizma değerleri SUP kısa tünel grubunda 0.83D, SUP uzun tünel grubunda 1.27D, TEM kısa tünel grubunda 0,72D, TEM uzun tünel grubunda 1.02D olarak tespit edildi. Anterior korneal astigmatizma değerleri SUP kısa tünel grubunda 0.89D, SUP uzun tünel grubunda 1.54D, TEM kısa tünel grubunda 0,65D, TEM uzun tünel grubunda 1.08D olarak tespit edildi. Posterior korneal astigmatizma değerleri SUP kısa tünel grubunda 0.35D, SUP uzun tünel grubunda 0.36D, TEM kısa tünel grubunda 0.37D, TEM uzun tünel grubunda 0.34D olarak tespit edildi. Bu veriler kıyaslandığında total ve anterior korneal astigmatizma değeri SUP uzun tünel grubunda TEM kısa tünel grubuna göre anlamlı ($p < 0.05$) olarak daha yüksekti (Tablo 2). Diğer gruplar arasında farklılık izlenmedi. Ayrıca posterior korneal astigmatizma değerleri arasında da farklılık tespit edilemedi.

Tablo 2. Gruplar Arasında Preoperatif ve Postoperatif Astigmatizma Değerlerin Dağılımı(topografi değerleri)

Korneal Astigmatizma (Diopter)	Süperiyör Uzun	Süperiyör Kısa	Temporal Uzun	Temporal Kısa	$p^{\dagger}$
Total Korneal					
Preop	1.01 (0.37-1.45)	0.84 (0.50-1.16)	1.00 (0.57-1.49)	0.56 (0.31-1.01)	0.071
Postop	1.27 (0.79-1.67) ^a	0.83 (0.61-1.20) ^{ab}	1.02 (0.63-1.68) ^{ab}	0.65 (0.42-1.22) ^b	0.007
Δ	0.30 (-0.34-0.77)	0.08 (-0.27-0.37)	0.13 (-0.25-0.62)	0.01 (-0.19-0.43)	0.690
$p^{\dagger}$	0.061	0.437	0.150	0.108	
Anterior Korneal					
Preop	1.17 (0.69-1.58) ^a	0.95 (0.51-1.46) ^{ab}	1.05 (0.65-1.66) ^a	0.62 (0.35-1.13) ^b	0.048
Postop	1.54 (0.86-1.91) ^a	0.89 (0.71-1.31) ^{ab}	1.08 (0.70-1.88) ^{ab}	0.72 (0.47-1.36) ^b	0.014
Δ	0.28 (-0.40-0.87)	0.09 (-0.31-0.33)	0.14 (-0.27-0.48)	0.14 (-0.21-0.48)	0.772
$p^{\dagger}$	0.123	1.000	0.164	0.197	
Posterior Korneal					
Preop	0.39 (0.23-0.55)	0.35 (0.21-0.44)	0.30 (0.25-0.52)	0.30 (0.21-0.39)	0.490
Postop	0.36 (0.22-0.55)	0.35 (0.19-0.42)	0.34 (0.20-0.51)	0.37 (0.19-0.47)	0.817
Δ	0.00 (-0.10-0.09)	0.02 (-0.05-0.08)	0.00 (-0.08-0.09)	0.03 (-0.07-0.13)	0.887
$p^{\dagger}$	0.990	0.736	0.820	0.250	

Δ : ortalama korneal astigmatizma değişimi. Aynı satırdaki farklı üst simgeler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir.

Total ve anterior korneal astigmatizma değerlerinde preoperatif ve postoperatif ortalama değişim SUP uzun tünel grubunda diğer gruplardan daha yüksekti. Fakat bu durum istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. Posterior korneal astigmatizma değişimi arasında yine fark izlenmedi.



Şekil 11. Ortalama korneal astigmatizma değişimi

Hastaların katarakt ameliyatı öncesi keratometrik değerleri karşılaştırıldığında SUP kısa tünel grubunda ortalama $43,80 \pm 1,85$ D, SUP uzun tünel grubunda ortalama $43,85 \pm 1,58$ D, TEM kısa tünel grubunda ortalama $43,06 \pm 1,18$ D, TEM uzun tünel grubunda ortalama $43,46 \pm 1,59$ D olarak ölçüldü. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0.05$) farklılık göstermemiştir. (Tablo 4)

Katarakt ameliyatı sonrası gruplar arası keratometrik değerleri karşılaştırıldığında SUP kısa tünel grubunda ortalama $43,76 \pm 1,75$ D, SUP uzun tünel grubunda ortalama $43,74 \pm 1,43$ D, TEM kısa tünel grubunda ortalama $43,00 \pm 1,16$ D, TEM uzun tünel grubunda ortalama $43,69 \pm 1,23$ D olarak ölçüldü ve dört grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p > 0.05$). Her dört grubun ameliyat öncesi ve sonrası keratometrik değerleri kıyaslandığında yine gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p > 0.05$). (Tablo 3)

Tablo 3. Gruplar Arasında Keratometrik Değerlerin Dağılımı

	SUP Kısa Tünel			SUP Uzun Tünel			TEM Kısa Tünel			TEM Uzun Tünel			p					
	Ort.±s.s.		Med	Ort.±s.s.		Med	Ort.±s.s.		Med	Ort.±s.s.		Med						
K																		
Preop	43,80	±	1,85	44,13	43,85	±	1,58	43,91	43,06	±	1,18	43,28	43,46	±	1,59	43,54	0,600	K
Postop	43,76	±	1,75	44,22	43,74	±	1,43	43,72	43,00	±	1,16	43,10	43,69	±	1,23	43,56	0,067	K
Grup içi değişim p	0,782			w	0,527			w	0,714		w	0,304			w			

^K Kruskal-wallis (Mann-whitney u test) / ^{X²} Ki-kare test

SUP kısa tünel grubunda ortalama total korneal cerrahi indüklenmiş astigmat(CIA) değeri 0.52D, ortalama anterior korneal CIA değeri 0.52D, ortalama posterior korneal CIA değeri 0.17D; SUP uzun tünel grubunda ortalama total korneal cerrahi indüklenmiş astigmat değeri 0.97D, ortalama anterior korneal CIA değeri 1.18D, ortalama posterior korneal CIA değeri 0.20D; TEM kısa tünel grubunda ortalama total korneal cerrahi indüklenmiş astigmat değeri 0.50D, ortalama anterior korneal CIA değeri 0.54D, ortalama posterior korneal CIA değeri 0.17D; TEM uzun tünel grubunda ortalama total korneal cerrahi indüklenmiş astigmat değeri 0.71D, ortalama anterior korneal CIA değeri 0.66D, ortalama posterior korneal CIA değeri 0.18D olarak bulunmuştur. SUP kısa tünel, TEM kısa tünel, TEM uzun tünel gruplarında total ve anterior korneal cerrahi indüklenmiş astigmat değeri (CIA) SUP uzun tünel grubundan anlamlı ($p < 0.05$) olarak daha düşüktü(Tablo 4). Posterior korneal CIA değerleri benzer bulunmuştur.

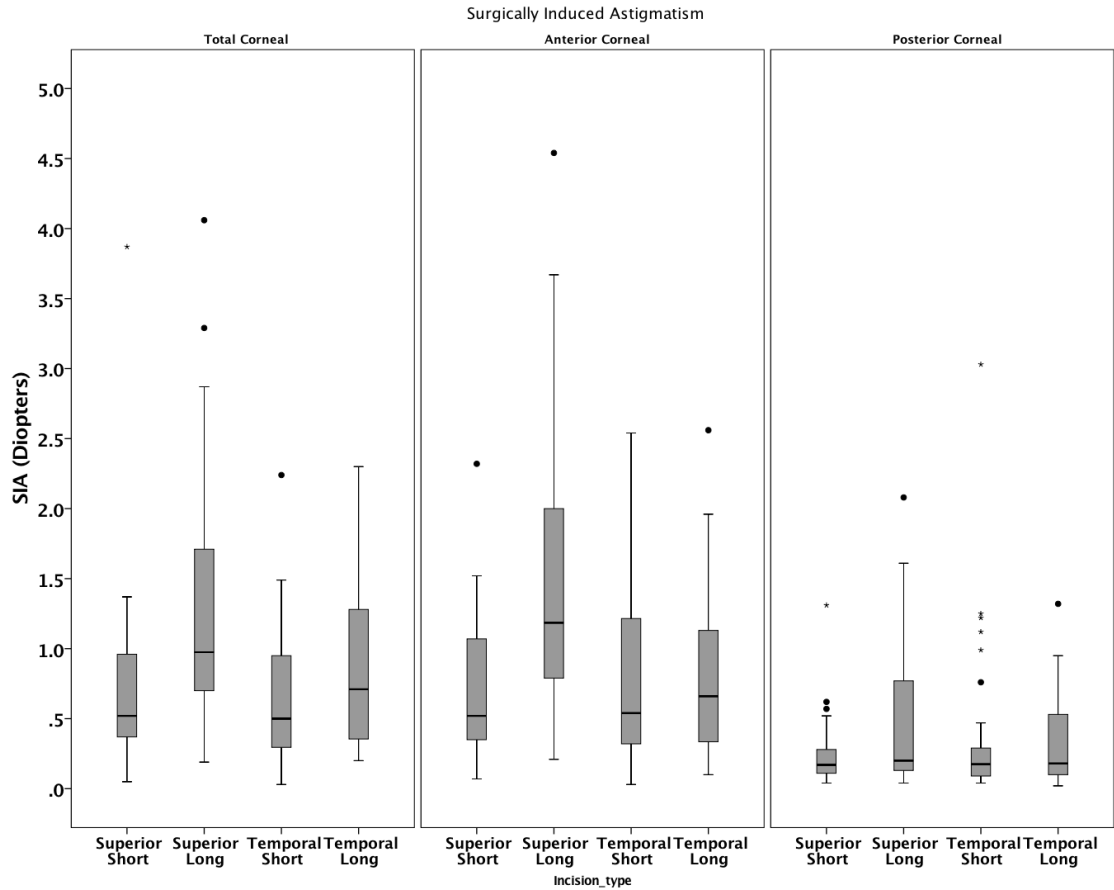
Tablo 4. Gruplar arası CIA değerlerinin dağılımı

	Cerrahi İndüklenmiş Astigmatizma		
	Total Korneal	Anterior Korneal	Posterior Korneal
Süperiyor kısa	0.52 (0.37-1.02) ^b	0.52 (0.34-1.14) ^b	0.17 (0.11-0.29)
Temporal kısa	0.50 (0.29-0.95) ^b	0.54 (0.31-1.24) ^b	0.17 (0.08-0.30)
Temporal uzun	0.71 (0.35-1.33) ^b	0.66 (0.31-1.19) ^b	0.18 (0.10-0.58)
Süperiyor uzun	0.97 (0.68-1.73) ^a	1.18 (0.76-2.00) ^a	0.20 (0.13-0.77)
<i>p</i>	0.004	0.002	0.482

^K Kruskal-wallis (Mann-whitney u test)

Ayrıca tünel uzunluğu ile total, anterior ve posterior korneal cerrahi indüklenmiş astigmatizma arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon bulunmamıştır. Fakat

superior ve temporal grupları kendi içerisinde kısa ve uzun tünel olarak karşılaştırdığımızda superior kesi kullanılan grupta total ve anterior korneal CIA değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon izlenmiştir. Ancak temporal kesi kullanılan gruplarda tünel uzunlukları ile CIA değerleri korelasyon izlenmemiştir.



Şekil 12. CIA vektöryel analizi

Grupların astigmatik (Z_2), koma(Z_3), sferik(Z_4) ve yüksek sıralı aberasyon (HOA) değerleri Sirius topografi cihazının wavefront ünitesi ile cerrahi öncesi ve cerrahi sonrası 1. ayda ölçülmüştür. Ölçümler hem 3mm' lik pupil ayarında hem de 6 mm'lik pupil ayarında alınmıştır.

Ameliyat öncesi 3 mm'lik pupil boyutunda alınan ölçümler; SUP kısa tünel grubunda sırasıyla Z_2 değeri $0,17 \pm 0,13 \mu\text{m}$, Z_3 değeri $0,05 \pm 0,03 \mu\text{m}$, Z_4 değeri $0,01 \pm 0,01 \mu\text{m}$ ve HOA değeri $0,08 \pm 0,03 \mu\text{m}$; SUP uzun tünel grubunda sırasıyla Z_2 değeri $0,28 \pm 0,23 \mu\text{m}$, Z_3 değeri $0,04 \pm 0,03 \mu\text{m}$ ve Z_4 değeri $0,02 \pm 0,01 \mu\text{m}$, HOA değeri $0,11 \pm 0,07 \mu\text{m}$; TEM kısa tünel grubunda sırasıyla Z_2 değeri $0,20 \pm 0,21 \mu\text{m}$, Z_3 değeri $0,05 \pm$

0,03 μm , Z_4 değeri $0,02 \pm 0,01 \mu\text{m}$, ve HOA değeri $0,11 \pm 0,06 \mu\text{m}$; TEM uzun tünel grubunda sırasıyla Z_2 değeri $0,20 \pm 0,14 \mu\text{m}$, Z_3 değeri $0,05 \pm 0,05 \mu\text{m}$, Z_4 değeri $0,01 \pm 0,01 \mu\text{m}$ ve HOA değeri $0,11 \pm 0,08 \mu\text{m}$ olarak ölçüldü. Her dört grubun ameliyat öncesi tüm ölçülen aberasyon değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p > 0.05$). (Tablo 5)

Ameliyat sonrası 3 mm'lik pupil boyutunda alınan ölçümler; SUP kısa tünel grubunda sırasıyla Z_2 değeri $0,19 \pm 0,12 \mu\text{m}$, Z_3 değeri $0,05 \pm 0,04 \mu\text{m}$, Z_4 değeri $0,02 \pm 0,01 \mu\text{m}$ ve HOA değeri $0,10 \pm 0,04 \mu\text{m}$; SUP uzun tünel grubunda sırasıyla Z_2 değeri $0,33 \pm 0,18 \mu\text{m}$, Z_3 değeri $0,64 \pm 0,06 \mu\text{m}$, Z_4 değeri $0,02 \pm 0,01 \mu\text{m}$ ve HOA değeri $0,17 \pm 0,22 \mu\text{m}$; TEM kısa tünel grubunda sırasıyla Z_2 değeri $0,18 \pm 0,13 \mu\text{m}$, Z_3 değeri $0,04 \pm 0,02 \mu\text{m}$, Z_4 değeri $0,02 \pm 0,01 \mu\text{m}$ ve HOA değeri $0,10 \pm 0,05 \mu\text{m}$; TEM uzun tünel grubunda sırasıyla Z_2 değeri $0,23 \pm 0,14 \mu\text{m}$, Z_3 değeri $0,05 \pm 0,04 \mu\text{m}$, Z_4 değeri $0,01 \pm 0,01 \mu\text{m}$ ve HOA değeri $0,10 \pm 0,06$ olarak ölçüldü. SUP uzun tünel grubunda Z_2 değeri SUP kısa tünel, TEM kısa tünel, TEM uzun tünel gruplarından anlamlı ($p < 0.05$) olarak daha yüksekti. Ameliyat sonrası tüm gruplarda Z_3 değeri, Z_4 değeri, HOA değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p > 0.05$). (Tablo 5)

SUP uzun tünel grubunda ameliyat sonrası Z_2 değeri ameliyat öncesi döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) artış göstermiştir. SUP kısa tünel grubunda, TEM kısa tünel grubunda ve TEM uzun tünel grubunda ameliyat sonrası Z_2 değeri ameliyat öncesi döneme göre anlamlı ($p > 0.05$) değişim göstermemiştir. (Tablo 5)

Her bir grupta ameliyat sonrası Z_3 değeri, Z_4 değeri ameliyat öncesi döneme göre anlamlı ($p > 0.05$) değişim göstermemiştir. (Tablo 5)

SUP uzun tünel grubunda ve SUP kısa tünel grubunda ameliyat sonrası HOA değeri ameliyat öncesi döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) artış göstermiştir. TEM kısa tünel grubunda ve TEM uzun tünel grubunda ameliyat sonrası HOA değeri ameliyat öncesi döneme göre anlamlı ($p > 0.05$) değişim göstermemiştir.

Tablo 5. Gruplar Arasında Z₂, Z₃, Z₄, HOA Değerlerin Dağılımı (3mm’lik Pupil Aralığı)

	SUP Kısa Tünel				SUP Uzun Tünel				TEM Kısa Tünel				TEM Uzun Tünel				p	
	Ort.±s.s.		Med		Ort.±s.s.		Med		Ort.±s.s.		Med		Ort.±s.s.		Med			
z2 3mm																		
Preop	0,17	±	0,13	0,13	0,28	±	0,23	0,22	0,20	±	0,21	0,14	0,20	±	0,14	0,18	0,166	K
Postop	0,19	±	0,12	0,18	0,33	±	0,18	0,29	0,18	±	0,13	0,15	0,23	±	0,14	0,20	<0,001	K
Grup içi değişim p	0,157			w	0,039			w	0,531			w	0,125			w		
z3 3mm																		
Preop	0,05	±	0,03	0,04	0,04	±	0,03	0,04	0,05	±	0,03	0,05	0,05	±	0,05	0,03	0,235	K
Postop	0,05	±	0,04	0,03	0,06	±	0,06	0,04	0,04	±	0,02	0,04	0,05	±	0,04	0,03	0,760	K
Grup içi değişim p	0,799			w	0,192			w	0,078			w	0,775			w		
z4 3mm																		
Preop	0,01	±	0,01	0,01	0,02	±	0,01	0,02	0,02	±	0,01	0,02	0,01	±	0,01	0,01	0,590	K
Postop	0,02	±	0,01	0,01	0,02	±	0,01	0,02	0,02	±	0,01	0,02	0,01	±	0,01	0,01	0,062	K
Grup içi değişim p	0,928			w	0,293			w	0,317			w	0,589			w		
HOA 3mm																		
Preop	0,08	±	0,03	0,07	0,11	±	0,07	0,08	0,11	±	0,06	0,10	0,11	±	0,08	0,09	0,067	K
Postop	0,10	±	0,04	0,09	0,17	±	0,22	0,12	0,10	±	0,05	0,09	0,10	±	0,06	0,09	0,108	K
Grup içi değişim p	0,005			w	0,014			w	0,544			w	0,992			w		

^K Kruskal-wallis (Mann-whitney u test) / ^w Wilcoxon test

Ameliyat öncesi 6 mm’lik pupil boyutunda alınan ölçümler; SUP kısa tünel grubunda sırasıyla Z₂ değeri 0,74 ± 0,53 µm, Z₃ değeri 0,46 ± 0,23 µm, Z₄ değeri 0,23 ± 0,10 µm ve HOA değeri 0,74 ± 0,45 µm; SUP uzun tünel grubunda sırasıyla Z₂ değeri 1,17 ± 0,85 µm, Z₃ değeri 0,39 ± 0,24 µm, Z₄ değeri 0,21 ± 0,07 µm ve HOA değeri 0,74 ± 0,61; TEM kısa tünel grubunda sırasıyla Z₂ değeri 0,69 ± 0,60 µm, Z₃ değeri 0,57 ± 0,67 µm, Z₄ değeri 0,26 ± 0,27 µm ve HOA değeri 1,16 ± 2,45 µm; TEM uzun tünel grubunda sırasıyla Z₂ değeri 0,79 ± 0,55 µm, Z₃ değeri 0,45 ± 0,34 µm, Z₄ değeri 0,20 ± 0,10 µm ve HOA değeri 0,72 ± 0,39 µm olarak ölçüldü. SUP uzun tünel grubunda Z₂ değeri SUP kısa tünel, TEM kısa tünel, TEM uzun tünel gruplarından anlamlı (p < 0.05) olarak daha yüksekti. SUP kısa tünel, TEM kısa tünel, TEM uzun tünel gruplarında ameliyat öncesi Z₂ değeri anlamlı (p > 0.05) farklılık göstermemiştir. Her dört grubun ameliyat öncesi ölçülen Z₃ değerleri, Z₄ değerleri, HOA değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır(p > 0.05). (Tablo 6)

Ameliyat sonrası 6 mm’lik pupil boyutunda alınan ölçümler; SUP kısa tünel grubunda sırasıyla Z₂ değeri 0,77 ± 0,42 µm, Z₃ değeri 0,45 ± 0,33 µm, Z₄ değeri 0,27 ± 0,13 µm

ve HOA değeri $0,90 \pm 0,60 \mu\text{m}$; SUP uzun tünel grubunda sırasıyla Z_2 değeri $1,42 \pm 1,13 \mu\text{m}$, Z_3 değeri $0,53 \pm 0,42 \mu\text{m}$, Z_4 değeri $0,27 \pm 0,21 \mu\text{m}$ ve HOA değeri $1,17 \pm 1,18 \mu\text{m}$; TEM kısa tünel grubunda sırasıyla Z_2 değeri $0,79 \pm 0,62 \mu\text{m}$, Z_3 değeri $0,38 \pm 0,20 \mu\text{m}$, Z_4 değeri $0,22 \pm 0,12 \mu\text{m}$ ve HOA değeri $0,73 \pm 0,39 \mu\text{m}$; TEM uzun tünel grubunda sırasıyla Z_2 değeri $0,88 \pm 0,59 \mu\text{m}$, Z_3 değeri $0,52 \pm 0,51 \mu\text{m}$, Z_4 değeri $0,24 \pm 0,12 \mu\text{m}$ ve HOA değeri $0,83 \pm 0,67 \mu\text{m}$ olarak ölçüldü. SUP uzun tünel grubunda Z_2 değeri SUP kısa tünel, TEM kısa tünel, TEM uzun tünel gruplarından anlamlı ($p < 0.05$) olarak daha yüksekti. SUP kısa tünel, TEM kısa tünel, TEM uzun tünel gruplarında ameliyat öncesi Z_2 değeri anlamlı ($p > 0.05$) farklılık göstermemiştir. Her dört grubun ameliyat sonrası ölçülen Z_3 değerleri, Z_4 değerleri ve HOA değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p > 0.05$). (Tablo 6)

Her bir grupta ameliyat sonrası Z_2 değeri, Z_3 değeri, Z_4 değeri ameliyat öncesi döneme göre anlamlı ($p > 0.05$) değişim göstermemiştir. (Tablo 6)

SUP kısa tünel grubunda ve SUP uzun tünel grubunda ameliyat sonrası HOA değeri ameliyat öncesi döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) artış göstermiştir. TEM kısa tünel grubunda ve TEM uzun tünel grubunda ameliyat sonrası HOA değeri ameliyat öncesi döneme göre anlamlı ($p > 0.05$) değişim göstermemiştir. (Tablo 6)

Tablo 6. Gruplar Arasında Z_2 , Z_3 , Z_4 , HOA Değerlerin Dağılımı (6mm'lik Pupil Boyutu)

	SUP Kısa Tünel				SUP Uzun Tünel				TEM Kısa Tünel				TEM Uzun Tünel				p	
	Ort.±s.s.		Med		Ort.±s.s.		Med		Ort.±s.s.		Med		Ort.±s.s.		Med			
Z2 6mm																		
Preop	0,74	±	0,53	0,56	1,17	±	0,85	0,89	0,69	±	0,60	0,50	0,79	±	0,55	0,67	0,035 ^K	
Postop	0,77	±	0,47	0,66	1,42	±	1,13	1,19	0,79	±	0,62	0,66	0,88	±	0,59	0,73	<0,001 ^K	
Grup içi değişim p	0,253			w	0,110			w	0,201			w	0,531			w		
Z3 6mm																		
Preop	0,46	±	0,23	0,40	0,39	±	0,24	0,37	0,57	±	0,67	0,42	0,45	±	0,34	0,36	0,494 ^K	
Postop	0,45	±	0,33	0,36	0,53	±	0,42	0,38	0,38	±	0,20	0,34	0,52	±	0,51	0,37	0,561 ^K	
Grup içi değişim p	0,486			w	0,159			w	0,079			w	0,688			w		
Z4 6mm																		
Preop	0,23	±	0,10	0,24	0,21	±	0,07	0,21	0,26	±	0,27	0,23	0,20	±	0,10	0,20	0,779 ^K	
Postop	0,27	±	0,13	0,26	0,27	±	0,21	0,24	0,22	±	0,12	0,18	0,24	±	0,12	0,23	0,397 ^K	
Grup içi değişim p	0,150			w	0,313			w	0,799			w	0,130			w		
HOA 6mm																		
Preop	0,74	±	0,45	0,56	0,74	±	0,61	0,58	1,16	±	2,45	0,64	0,72	±	0,39	0,56	0,859 ^K	
Postop	0,90	±	0,60	0,68	1,17	±	1,18	0,75	0,73	±	0,39	0,64	0,83	±	0,67	0,60	0,085 ^K	
Grup içi değişim p	0,038			w	0,007			w	0,837			w	0,410			w		

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. TARTIŞMA

Dünyada önde gelen önlenebilir körlük sebeplerinden biri kataraktır[17, 61] ve günümüzde kataraktın tek tedavisi cerrahidir[27]. Modern katarakt cerrahisinde amaç sadece güvenli ve komplikasyonsuz bir cerrahi gerçekleştirmenin yanında ameliyat sonrası emetropiyi sağlayarak düzeltilmemiş görme keskinliğini arttırmaktır[62]. İlk yıllarda İOL teknolojisinin yeterince gelişmemiş olması nedeniyle İOL implantasyonu esnasında kesinin genişletilmek zorunda kalınması nedeniyle FAKO yöntemi 1980’li yıllara kadar çok fazla ilgi görmemiştir[30]. Ama günümüzde küçük kesili fakoemülsifikasyon cerrahisi katarakt cerrahisinde en iyi yöntemdir. Çünkü büyük kornea kesileri ile tamamlanan katarakt ameliyatları sonrasında hastalarda görsel olarak tatminkar sonuçlar elde edilememiştir. Bunun nedenlerinden biri, cerrahiden sonra yüksek düzeylere çıkabilen astigmatizmadır. Ameliyat sonrası hızlı görsel iyileşme, emetropi, kaliteli tam görme ve en az astigmatizma güncel katarakt cerrahisindeki ana hedeflerdir[63].

Katarakt cerrahisi esnasında korneaya yapılan müdahaleler korneanın kurvatürünü buna bağlı olarak korneanın kırıcılığını etkilemektedirler. Katarakt cerrahisi sonrasında cerrahinin indüklediği astigmatizma sık görülen ve ameliyat sonrası görme keskinliğini ve hasta memnuniyetini azaltan önemli bir komplikasyondur. Katarakt cerrahisi sonrasında cerrahinin indüklediği astigmatizma kesinin yeri, kesinin uzunluğu, kesinin

boyutu, kesinin limbusa olan uzaklığı, kesiye konulan sütür tekniği ve kullanılan sütür materyali gibi birçok faktörden etkilenir[64-68]

Küçük kesili FAKO cerrahisinde daha az cerrahiye bağlı astigmatizma gelişmekte kesi boyutu büyüdükçe cerrahinin neden olduğu astigmatizmanın arttığı ayrıca sütür konulmayan FAKO cerrahisinde daha az astigmatizma geliştiği yapılan birçok çalışmalarda gösterilmiştir[69-71]. Başarılı refraktif katarakt cerrahisi için ortalama korneal CIA değeri 0.5D olarak belirlenmiştir[52]. Bu nedenle günümüzde modern katarakt cerrahisinde korneal kesi boyutu giderek küçülmüş ve son dönemlerde korneal kesiyi 1,5 mm'nin altına indiren mikroinsizyon yöntemleri geliştirilmiştir[72-74]. 4 randomize kontrollü çalışmanın refraktif sonuçlarının incelendiği meta analizde koaksiyel mikroinsizyonel FAKO cerrahisinin -0.34D ortalama fark oluşturduğu gözlenmiştir ki bu standart FAKO cerrahisine göre daha düşük değerdir[75].

Korneal kesinin yeri ve boyutu FAKO cerrahisi tarafından indüklenen astigmatizma miktarında önemlidir. Birçok çalışmada katarakt ameliyatı öncesi ve sonrası astigmatizma ve bunu azaltmanın yolları korneal topografi ve wavefront ölçümleri ile araştırılmıştır[68-71, 76]. Strsz katarakt cerrahisinde kesi insizyonunda 0.5 mm'lik artış 0.25D kurallı astigmatizma oluşurmaktadır[52].

Ameliyat sonrası cerrahinin indüklediği astigmatizmayı etkileyen faktörler arasında cerrahi kesinin yeri ve tipi önem arzetmektedir. Cerrahi kesi korneal, limbal ya da skleral olabilir. Biz alışmamızda 2,8 mm' lik saydam korneal insizyonları kullandık. Cerrahi esnasında kolay cerrahi manipülasyona izin vermesi, kanamasız cerrahiye imkan vermesi, cerrahi sonrası iyileşme döneminin hızlı olması ve astigmatizma düzeylerinin az olması bu tercihimizde etkili olmuştur.

Bizim alışmamızda superior ve temporal kesilerin uzun tünel ve kısa tünel kullanmanın total anterior ve posterior korneal cerrahi indüklenmiş astigmatizma değerlerini inceledik. SUP uzun tünel grubunda total ve anterior cerrahi indüklenmiş astigmat değeri (CIA) diğer gruplara göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur, posterior korneal CIA değeri arasında anlamlı farklılık izlenmemiştir. Ayrıca insizyon için

temporal kadrana kullanıldığında tünel uzunluğunun CIA zerine etkisini ortadan kaldırmıştır.

Oshima ve arkadaşları üst skleral tünel kesi ve 3 mm' lik saydam temporal korneal kesinin yapıldığı katarakt cerrahisinde cerrahinin neden olduğu astigmatizmayı karşılaştırdıkları bir çalışmada 3 aylık takip döneminde iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir. Ancak saydam temporal korneal kesi grubunda kurala uygun, üst skleral kesi grubunda kurala aykırı astigmatizma şeklinde değişlik meydana geldiğini bildirmişlerdir[77].

Beltrame ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada 3,5 mm' lik sütürsüz saydam korneal, 5,5 mm' lik sütürlü saydam korneal ve 5,5 mm' lik skleral tünel kesilerin etkilerini araştırmışlar. 5,5 mm' lik sütürlü saydam korneal kesi grubunda diğer iki gruba göre daha fazla astigmatizma meydana geldiğini, 3,5 mm' lik saydam kornea kesi grubunda ve 5,5 mm' lik skleral tünel kesi grubunda astigmatizmanın minimal olduğunu göstermişlerdir[78]. Elkady ve ark. yaptığı çalışmada 1.8 mm'lik korneal kesi kullanmışlardır ve ameliyat öncesi ve sonrası 1. ay ile 3. ay karşılaştırılmış ve korneal astigmatizma değerlerinde anlamlı farklılık saptanmamıştır[79].

Katarakt cerrahisinden sonra indüklenen astigmatizma miktarını etkiliyen bir diğer faktör kesinin hangi kadrandan yapıldığıdır. Bu alışmamızda superior ve temporalden yapılan 2,8 mm' lik sütürsüz saydam korneal insizyonların astigmatizma ve korneal aberasyon üzerine etkilerini karşılaştırmayı amaçladık. Stromal hidrasyonun yeterli olmadığı, sütür konulan hastaları çalışmamıza dâhil etmedik. Ayrıca alışmamızda hastalara yapılan girişimin tünel uzunluklarını farklı tutarak dört ayrı grup elde ettik. Her bir grubun korneal topografi ile alınan astigmatizma değerleri ameliyat öncesi ve sonrası değerlerinde anlamlı fark bulunamamıştır. Fakat preoperatif ve postoperatif astigmatizma değerleri karşılaştırıldığında superior uzun tünel grubunda total ve anterior korneal astigmatizma değerlerinde artış saptanmıştır ancak bu durum istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Superior kısa tünel grubunda total ve anterior korneal astigmatizma değerlerinde azalma fark edilmiştir ama yine istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Rainer ve arkadaşları yaptıkları çalışmaya göre 3 mm' lik süperolateral saydam korneal kesinin temporal saydam korneal kesiye göre daha fazla astigmatizma yaptığını belirtmişler[63]. Şimşek ve arkadaşları üstten yapılan insizyonlarda temporal kadrandan yapılan insizyonlara göre daha fazla astigmatizma meydana geldiğini göstermişlerdir[80]. Ermiş ve arkadaşları 3,2 mm' lik üst temporal ve üst nazal insizyoları karşılaştırmışlar ve ameliyat sonrası oluşan cerrahiye bağlı astigmatizma miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptamamışlardır[81]. Barequet ve arkadaşları, nazalden ve temporalden yaptıkları 3,5 mm' lik kesileri karşılaştırmışlar ve fakoemülsifikasyon cerrahisi sonrası nazal keside temporal kesiye oranla daha fazla astigmatizma meydana geldiğini belirtmişler ve bunu nazal kesinin optik aksa daha yakın olmasına bağlayarak açıklamışlardır[82]. Yayıcıoğlu ve arkadaşları üst, temporal, nazal, üst temporal ve üst nazalden yaptıkları 3,5 mm'lik saydam kornea kesisiyle yapılan fakoemülsifikasyon cerrahisi sonrası astigmatizmaları karşılaştırmış üst, üst nazal ve nazalden yapılan kesilerin belirgin astigmatizma değişiklikleri meydana getirirken üst temporal ve temporal kesilerde astigmatik değişikliklerin daha minimal olduğunu belirtmişlerdir[83]. Tejedor ve arkadaşları 2,8 mm'lik temporal, nazal ve üstten yapılan saydam korneal kesili fakoemülsifikasyon cerrahisi sonrası oluşan astigmatizma değişikliğini karşılaştırmışlar ve temporal kesinin daha az astigmatizma değişikliği yaptığını belirtmişleridir[84]. Özkurt ve arkadaşları cerrahi sonrası erken dönemde cerrahinin indüklediği astigmatizmanın üst temporal keside üst nazal kesiye oranla daha az olduğunu belirtmişlerdir[85]. Jacops ve ark. yaptıkları çalışmalarda 3,0 mm'lik temporal saydam korneal insizyonun 0,28-0,53 D arasında temporal korneada düzleşme yaptığını ve nazal korneal kurvaturde belirgin etki oluşturmadığını saptamışlardır[86].

Cerrahi indüklenmiş astigmatizmayı belirleyen bir diğer faktör primer insizyonun kornea tepe noktasına olan uzaklığı olabilir. İnsizyonun iç ve dış dudaklarının korneal apeks ile arasındaki mesafenin yine astigmatizma üzerine etkileri olabilmektedir. Yakın zamanda Kim TG ve ark. yaptığı çalışmada insizyonun iç ve dış dudaklarının korneal apekse uzaklıklarının CIA üzerine etkisini araştırmışlar ve insizyonun iç dudağının apekse uzaklığının kısa olduğu grupta posterior korneal CIA değerini daha yüksek bulmuşlar, ortalama anterior korneal astigmatizma değerini istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulmuşlar[87]. Total ve anterior korneal CIA değerinde farklılık saptamamışlar.

Bizim çalışmamızda ise bu çalışmanın aksine total ve anterior korneal astigmatizma değerleri superior uzun tünelde diğer gruplara göre daha yüksek bulundu. Posterior korneal astigmatizma değerinde farklılık izlenmedi. Bu çalışmada araştırmacılar tüm hastalarda temporal insizyonu kullanmışlar ve posterior korneal CIA değerini sınırlandıran tünel uzunluğu için varyasyon kullanmamışlar. Belki superior insizyonu ekleselerdi ve tünel uzunluğunda varyasyon kullansalardı sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bulunabilirdi.

Astigmatik etkinin dışında tünel uzunluğu kesinin yapısal stabilitesi açısından önemlidir. Ernest PH ve ark. yaptığı çalışmada daha stabil kesi için kare veya daha uzun tünel kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir[88, 89]. Fakat uzun tünel kullanılan kesilerde fakoemülsifikasyon probunun menavra kabiliyetinin azalması kornea yüzeyinde çizgilenmelere ve görüntünün azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca bu durum descement dekolmanlarına ve yara yeri sızıntılarına da yol açabilmektedir.

Fakoemülsifikasyon cerrahisi sonrası kesiye suture konulması da astigmatizmaya etkili bir diğer önemli faktördür. Gönen ve arkadaşları 4,0 mm' lik tek suture ve sutureless saydam kornea kesisi ile oluşan astigmatizmayı karşılaştıran bir çalışmada suture atılmayan grupta suture atılan gruba göre daha az astigmatizma meydana geldiğini ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bildirmişlerdir[90]. Kortikosteroidlerin yoğun veya uzun süreli kullanımı, erken suture alınması gibi faktörler de cerrahi astigmatizma da belirleyici rol oynamaktadır[91].

Cerrahi sonrası oluşan astigmatizmayı etkileyen bir diğer önemli faktör kesinin büyüklüğüdür. Yaylalı ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 4,0 ve 5,2 mm' lik saydam korneal insizyonlarla yapılan fakoemülsifikasyon cerrahisi sonrası astigmatizma değişimlerini araştırmışlar ancak iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptamamışlardır[92]. Daylan ve arkadaşları FAKO cerrahisinde 3,0 ve 4,2 mm' lik saydam korneal kesilerin ameliyat sonrası astigmatizma üzerine olan etkilerini inceleyen bir çalışma yapmışlar ve iki grup arasında ameliyat öncesi, ameliyat sonrası 1. hafta, 1. ay, 3. ay ve 6. ay astigmatizma değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir[93]. Ermiş ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 3,2 mm ve 5,2 mm' lik kesileri Jaffe-Clayman vektör analiz metodunu kullanarak

karşılaştırdıkları çalışmalarında ameliyat sonrası erken dönemde 3,2 mm' lik keside 5,2 mm' lik kesiye göre daha az astigmatizma meydana geldiğini ancak 6. ay sonunda iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir[94].

Kohnen ve ark. 3,6 ve 3,8 mm'lik temporal ve nazal sütürsüz limbal tünel insizyon kullandıkları çalışmada temporal insizyon yapılan grupta nazal insizyon yapılan gruba göre cerrahi olarak indüklenen kornea astigmatizma açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bildirmiştir[95]. Wei ve ark. 3,5 mm ile 2,5 mm'lik korneal kesiği karşılaştırdıkları çalışmada hastaları 12 hafta takip etmişler ve cerrahinin indüklediği astigmatizma 3,5 mm'lik kesi yapılan grupta 2,5 mm'lik gruba göre daha fazla saptanmıştır fakat bu fark anlamlı bulunmamıştır[96].

Oshika ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmaya göre 3,2 mm' lik saydam korneal keside 5,5 mm'lik saydam korneal kesiye göre ameliyat sonrası daha az oranda cerrahi astigmatik değişiklik saptamışlardır[97]. Percinal ve arkadaşları yapıkları bir çalışmada 3 mm'lik saydam korneal insizyonla yapılan FAKO cerrahisi sonrası astigmatizma açısından hastaları 2 yıl takip etmişler ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası astigmatizma miktarı arasındaki ortalama farkı yaklaşık 0,12 D olarak bulmuşlardır[98].

Katarakt ameliyatı sonrası gruplar arası keratometrik değerleri karşılaştırıldığında dört grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı. Her dört grubun ameliyat öncesi ve sonrası keratometrik değerleri kıyaslandığında yine gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı. Elkady ve ark. çalışmasında da preoperatif ve postoperatif 1. ay ile 3. ay arasında ortalama keratometrik değerlerde anlamlı farklılık saptanmamıştır[79].

Aberasyonların toplam büyüklüğü Wavefront haritasında μm cinsinde root mean square (RMS) olarak ifade edilir. RMS ideal wavefront dalgası olan düz fazdan sapma miktarıdır ancak aberasyonların bileşenlerine yönelik bilgi vermez. Görme keskinlikleri ve kontrast duyarlılıkları farklı olan gözler aynı miktarda toplam RMS'ye sahip olabilir. Applegate ve ark. RMS değerleri arttıkça görme kalitesinin azaldığını bildirmişlerdir[99].

Yüksek sıralı aberasyonlar Zernike Piramidi' nde 3. sıra ve üzerindeki aberasyonlardır. 3. ve 5. sıralar arasındaki aberasyonlar, tüm aberasyonların % 7' sini oluşturur. Zernike Piramidi' nde yüksek sıralı aberasyonların sayısı arttıkça görme üzerine etkisi azalır. İstisna olarak sferik aberasyon, 4. sıralı olmasına rağmen en sık karşılaşılan aberasyondur ve pupil çapının 4. üssü olarak artar. Zernike Piramidi'nde koma ve sferik aberasyon gibi merkeze daha yakın aberasyonlar trifoil ve tetrafoil gibi kenara daha yakın olan aberasyonlara göre görme kalitesini daha fazla etkilerler[100].

Sferik aberasyonlar, koma ve oblik astigmatizma kornea ile ilgili aberasyonlardır. Sferik aberasyonlar santral ve periferik ışık ışınlarının kırılma güçleri ile ilgilidir[101]. SA, Zernike Piramidi' nde dördüncü sıralı aberasyondur, Z_4 değeri ile gösterilir. Normal gözlerde ortalama değeri $0,27 \pm 0,089 \mu$ olarak hesaplanmıştır ve lensteki negatif sferik aberasyon ile dengelenir[102].

Kornea asferik şekli ve düşük kappa açısı sayesinde aberasyonları azaltır. Korneanın asferik olması periferik kısmının kırıcılık gücünün daha az olması sonucunu doğurur. Bu durum sferik aberasyonların ve komanın azalmasını sağlar. Sferik aberasyonlar ışık ışınlarının dağılıp kırılması anlamına gelen difraksiyon pupilla boyutu tarafından sınırlanabilir. Pupilla boyutu 2,5 mm iken difraksiyonun azaltılması ve HOA' nın azaltılması için en idealdir[101].

Aberasyon değerlerinin karşılaştırıldığı tüm çalışmalarda pupilla boyutu 6 mm olarak kullanılmıştır. Biz çalışmamızda hem 3 mm'lik pupilla boyutundaki ölçümleri hem de 6 mm'lik pupilla boyutundaki ölçümleri karşılaştırdık.

3 mm'lik pupilla boyutundaki ölçümleri ameliyat öncesi dönem ile ameliyat sonrası dönem karşılaştırıldığında SUP uzun tünel grubunda sekonder astigmatizma (Z_2) değeri istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) artış göstermiştir. Diğer gruplarda istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. Ameliyat sonrası Z_2 değeri SUP uzun tünel grubunda diğer gruplardan anlamlı ($p < 0.05$) olarak daha yüksekti. Ayrıca koma ve sferik aberasyon değerlerinde her dört grupta ameliyat öncesi dönem ile ameliyat sonrası dönem karşılaştırıldığında anlamlı fark bulunamamıştır. SUP uzun tünel grubunda ve SUP kısa tünel grubunda ameliyat sonrası HOA değeri ameliyat öncesi

döneme göre anlamlı ($p<0.05$) artış göstermiştir. Ayrıca TEM kısa tünel grubunda postoperatif tüm aberasyon değerlerinde preoperatif değerler ile kıyaslandığında azalma saptanmıştır fakat bu durum istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır. Temporal kesi uygulanan gruplarda HOA değerlerinde azalma fark edilmiştir ama yine istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

6 mm'lik pupilla boyutundaki ölçümleri ameliyat öncesi dönem ile ameliyat sonrası dönem karşılaştırıldığında her bir grupta sekonder astigmatizma(Z_2), koma(Z_3) ve sferik(Z_4) aberasyon değerleri arasında anlamlı değişim saptanmamıştır. Fakat SUP kısa tünel grubunda ve SUP uzun tünel grubunda yüksek sıralı aberasyon(HOA) değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış saptanmıştır. TEM kısa tünel grubunda ve TEM uzun tünel grubunda ameliyat sonrası yüksek sıralı aberasyon değeri ameliyat öncesi döneme göre anlamlı değişim göstermemiştir. Preoperatif ve postoperatif SUP uzun tünel grubunda sekonder astigmatizma (Z_2) değeri SUP kısa tünel, TEM kısa tünel, TEM uzun tünel gruplarından anlamlı ($p < 0.05$) olarak daha yüksekti. TEM kısa tünel grubunda da postoperatif sekonder astigmatizma (Z_2) değerinde preoperatif değere göre artış varken diğer aberasyon değerlerinde azalma saptanmıştır fakat bu durum istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Guiraro ve ark. yaptığı çalışmada 3,5 mm'lik sütürsüz insizyon kullanmışlar ve nazal insizyon yapılan grupta ortalama aberasyon değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış bulmuşlardır[103]. Tong ve ark. yaptığı mikroiinsizyonel katarakt cerrahisi(1,5mm'lik kesi) ile küçük insizyonel katarakt cerrahisini (3 mm'lik kesi) karşılaştırdıkları çalışmada; yüksek sıralı aberasyon değerlerinde ve total aberasyon değerlerinde 3 mm'lik kesi grubunda 1,5 mm'lik kesiye göre anlamlı fark bulmuşlardır. Ayrıca 3 mm'lik kesi grubunda trefoil, tetrafoil ve oblik astigmatizma değerlerinde preoperatif döneme göre anlamlı değişiklik saptamışlardır[104]. Can ve ark. 1,7 mm'lik mikroiinsizyonel katarakt cerrahisi yaptıkları çalışmada preoperatif ve postoperatif aberasyon değerleri karşılaştırılmış, koma aberasyon değerinde hafif azalma saptanırken trefoil aberasyon değerinde artma bulunmuştur fakat istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır[105].

Ye ve ark. anterior, posterior ve total korneal yüzey aberasyonları preoperatif ve postoperatif değerleri karşılaştırdıkları çalışmada; operasyondan 1 gün sonra yapılan ölçümlerde posterior ve total korneal yüzeydeki yüksek sıralı aberasyonlarda artış saptarken, 2 ay sonra yapılan ölçümlerde anlamlı değişiklik saptamamışlardır. Anterior korneal yüzeydeki yüksek sıralı aberasyon değerlerinde ise anlamlı değişiklik saptamamışlardır. Posterior ve total korneal yüzeydeki vertikal koma aberasyon değerinde azalma saptamışlardır fakat bu durum istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Anterior korneal yüzeydeki vertikal koma aberasyon değerinde ise anlamlı fark bulunamamıştır[106].

Chu ve ark. yaptığı başka bir çalışmada kesi yerinin aberasyonlara etkisini araştırmışlardır. Saat 12 hizasından, saat 9 hizasından ve saat 12 ile 9 arasından 2,8 mm'lik korneal kesi kullanmışlardır. Total korneal aberasyon değerlerinde ve düşük sıralı aberasyon değerlerinde üç grup arasında fark saptamamışlar, yüksek sıralı aberasyon değerlerinde saat 9 hizasından kesi yapılan grupta artış bulmuşlardır fakat istatistiksel olarak anlamlı değildir[107]. Yine Song ve ark. yaptığı başka bir çalışmada 2,2 mm'lik superior, temporal ve nazal kesilerin aberasyonlara etkisini araştırmışlardır. Superior kesi yapılan grupta vertikal trefoil ve vertikal koma değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı değişiklik bulunmuştur. Nazal kesi yapılan grupta oblik trefoil değerinde anlamlı değişiklik saptanırken temporal kesi yapılan grupta yüksek sıralı aberasyonlarda anlamlı değişiklik izlenmemiştir[108].

Hidaka ve ark. yaptığı 2,2 mm'lik superior sklerokorneal insizyon kullandıkları çalışmada anterior, posterior ve total korneal yüzey aberasyonlarını değerlendirmişler ve anterior ve total korneal yüzeydeki koma ve sferik aberasyon değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı değişiklik saptamamışlar fakat posterior korneal yüzeydeki sferik ve yüksek sıralı aberasyon değerlerinde anlamlı artış bulmuşlardır[109].

Jiang ve ark. temporal kesi ile yapılan katarakt cerrahisi sonrası 3. ayda trefoil haricindeki tüm aberasyon değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı olmasa da azalma tespit etmişlerdir ancak trefoil değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı olan artış bildirmişlerdir[110]. Elkady ve ark. yaptığı mikroinsizyonel katarakt cerrahisinde total korneal aberasyon değerlerinde hafif azalma saptamışlardır fakat istatistiksel olarak

anlamli bulunmamıştır. Sekonder astigmatizma, koma ve sferik aberasyon değerlerinde ameliyat öncesi döneme göre azalma saptanırken, yüksek sıralı aberasyon değerlerinde artma saptamışlardır fakat yine istatistiksel olarak anlamli bulunmamıştır[79].

5.2. SONUÇ

Korneal insizyon sadece ön kamaraya bir giriş yeri değil, oküler bütünlüğü ve korneal stabilizasyonu sağlayan, postoperatif görme kalitesinde kritik etkileri olan katarakt cerrahisinin önemli bir basamağıdır. Hastaların preoperatif ve postoperatif korneal topografi ile alınan astigmatizma değerleri karşılaştırıldığında superior uzun tünel uygulanan grupta total ve anterior astigmatizma değerlerinde artış saptanmıştır fakat istatistiksel olarak anlamli çıkmamıştır. Total ve anterior korneal cerrahi indüklenmiş astigmat değeri (CIA) yine SUP uzun tünel grubunda diğer gruplara göre anlamli olarak daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca tünel uzunluklarının artması CIA değerinde artmaya neden olmuştur fakat bu durum istatistiksel olarak anlamli bulunmamıştır.

Saydam korneal kesilerde tünel uzunluğunun katarakt sonrası cerrahi indüklenmiş astigmatizmanın, özellikle üst kadran insizyonlarında önemli ve bağımsız bir belirteç olduğunu göstermiş olduk. Bu nedenle, superior yerleşimli standart boyutlu fakoemülsifikasyon kesileri için insizyon geometrisi, SIA'yı asgari seviyede tutmak için, daha kısa bir tünel uzunluğuna sahip dikdörtgen bir desen olmalıdır. Bununla birlikte, eğer bir kare şekilli yara deseni arzu edilirse, astigmatik nötralizasyon için daha küçük boyutlu kesiler veya daha fazla limbal-temporal yerleştirilmiş kesiler kullanılmalıdır.. Gelecekteki tüm astigmatizma ve CCI fakoemülsifikasyon çalışmalarının analizi ve planlanması için insizyonun tünel uzunluğu dikkate alınmalıdır.

Hem 3 mm'lik pupil boyutundan alınan ölçümlerde hem de 6 mm'lik pupil boyutundan alınan ölçümlerde superior kesi uygulanan hastalarda ameliyat sonrası yüksek sıralı aberasyon değeri ameliyat öncesi döneme göre anlamli artış göstermiştir. Ayrıca temporal kısa tünel kullanılan hastalarda postoperatif tüm aberasyon değerlerinde preoperatif değerler ile kıyaslandığında azalma saptanmıştır ancak istatistiksel olarak anlamli bulunmamıştır. Temporal kesi uygulanan gruplarda yüksek sıralı aberasyon değerlerinde azalma fark edilmiştir ama anlamli bulunmamıştır.

Yine 3 mm'lik ve 6 mm'lik pupil boyutundaki ölçümlerde superior uzun tünel kullanılan hastalarda sekonder astigmatizma aberasyon değerinde anlamlı artış saptanmıştır.

Bu sonuçlar göz önüne alındığında superiordan korneal kesi uygulanan hastalarda temporal kesi uygulana hastalara göre wavefrontun daha fazla bozulduğu görülmektedir. Ayrıca tünel uzunluğunu artırmak yine wavefrontu bozmaktadır ve hastalarda yüksek sıralı aberasyon değerlerinin ve astigmatizma değerlerinin yüksek elde edilmesine neden olmaktadır.



KAYNAKLAR

1. Weikert, M.P., Update on bimanual microincisional cataract surgery. Current opinion in ophthalmology, 2006. 17(1): p. 62-67.
2. Alió, J., et al., Outcomes of microincision cataract surgery versus coaxial phacoemulsification. Ophthalmology, 2005. 112(11): p. 1997-2003.
3. Naeser, K., E.B. Knudsen, and M.K. Hansen, Bivariate polar value analysis of surgically induced astigmatism. Journal of Refractive Surgery, 2002. 18(1): p. 72-78.
4. Karel, F., lens hastalıkları, in temel göz hastalıkları, P. O'dwyer and Y. Akova, Editors. 2015, Güneş Tıp Kitabevi. p. 415-428.
5. Rafferty, N.S. and K.A. Rafferty, Cell population kinetics of the mouse lens epithelium. Journal of cellular physiology, 1981. 107(3): p. 309-315.
6. Bassnett, S. and D.C. Beebe, Coincident loss of mitochondria and nuclei during lens fiber cell differentiation. Developmental Dynamics, 1992. 194(2): p. 85-93.
7. Beebe, D.C., The lens, in Adler's physiology of the eye, L. Levin, et al., Editors. 2011. p. 131-163.
8. Weingeist, T., T.J. Liesegang, and M.G. Grand, Basic and clinical science course. 1999: American Academy of Ophthalmology.
9. T. A. Weingeist , T.J. Liesegang, and M.G. Grand, Lens and Cataract. Biochemistry,, in American Academy of Ophthalmology, Basic and Clinical Science Course. 2000-2001. p. 10 – 17.
10. O'Dwyer, P.A., Lens ve Katarakt Temel ve Klinik Bilimler Kursu Cilt 11. 2008-2009, Ankara: Güneş Tıp Kitabevi.
11. Sutphin, J., et al., Basic and clinical science course. Section, 2006. 8: p. 2005-2006.
12. Waring, G.O., M.M. Rodrigues, and P.R. Laibson, Corneal dystrophies. I. Dystrophies of the epithelium, Bowman's layer and stroma. Survey of ophthalmology, 1978. 23(2): p. 71-122.
13. Snell, R.S. and M.A. Lemp, Clinical anatomy of the eye. 2013: John Wiley & Sons.

14. Kuzsak, J.R. and H.G. Brown, Embriyology and anatomy of the lens., in Principles and practice of ophthalmology, D.M. Albert and F.A. Jakobiec, Editors. 1994: Philadelphia.
15. Yanoff, M. and J.S. Duker, oftalmology. fourth ed. 2014.
16. Bonadni, M., Risk Factors for Age-related Cortical, Nuclear, and Posterior Subcapsular Cataracts. American Journal of Epidemiology, 1989. 133(6).
17. HILLER, R., R.D. SPERDUTO, and F. EDERER, Epidemiologic associations with nuclear, cortical, and posterior subcapsular cataracts. American journal of epidemiology, 1986. 124(6): p. 916-925.
18. Taylor, H.R., et al., Effect of ultraviolet radiation on cataract formation. New England Journal of Medicine, 1988. 319(22): p. 1429-1433.
19. Bochow, T.W., et al., Ultraviolet light exposure and risk of posterior subcapsular cataracts. Archives of ophthalmology, 1989. 107(3): p. 369-372.
20. West, S., et al., Cigarette smoking and risk of nuclear cataracts. Archives of ophthalmology, 1989. 107(8): p. 1166-1169.
21. Garg, A., Cataract, in Textbook of ophthalmology, S. Agarwal, et al., Editors. 2002. p. 1620-1659.
22. O'Dwyer, P.A., Lens ve Katarakt. Amerikan Göz Akademisi Temel ve Klinik Bilimler Kursu, Cilt 11. 2009, Ankara: Güneş Tıp Kitabevi.
23. Floyd, R.P., History of Cataract Surgery, ed. D. M. Albert and F.A. Jacobiec. Vol. 1. 1994: W.B. Saunders Company.
24. Meri, J.W., Ophthalmology, in Medieval Islamic Civilization an Encyclopedia. 2006.
25. The Eye M.D Association, in American Academy of Ophtalmology, P.A. O'Dwyer, Editor. 2008-2009. p. 91-161.
26. Ridley, H., Further observations on intraocular acrylic lenses in cataract surgery. Transactions-American Academy of Ophthalmology and Otolarngology. American Academy of Ophthalmology and Otolarngology, 1953. 57(1): p. 98.
27. Jaffe, N.S., M.S. Jaffe, and G.F. Jaffe, Cataract surgery and its complications. 1997: Mosby St. Louis.
28. Kelman, C.D., The history and development of phacoemulsification. International ophthalmology clinics, 1994. 34(2): p. 1-12.

29. Kelman, C.D., Phaco-emulsification and aspiration: a new technique of cataract removal: a preliminary report. American journal of ophthalmology, 1967. 64(1): p. 23-35.
30. Üstüner, A., Fakoemülsifikasyon cihazları. 1994, Antalya: Türk Oftalmoloji Derneği XXVIII. Ulusal Kongresi Bülteni.
31. Usta, Y.B., Fakoemülsifikasyon-PEKKE Cerrahi yöntemlerinin Karşılaştırılması. 1992: Oftalmoloji "Katarakt Özel Sayısı".
32. Shepherd, J.R., Small incision and foldable intraocular Lenses. 1994: International Ophthalmology Clinics "Cataract Surgery".
33. Pape, L.G. and E.A. Balazs, The Use of Sodium Hyaluronate (Healon®) in Human Anterior Segment Surgery. Ophthalmology, 1980. 87(7): p. 699-705.
34. Gimbel, H.V. and T. Neuhann, Development, advantages, and methods of the continuous circular capsulorhexis technique. Journal of Cataract & Refractive Surgery, 1990. 16(1): p. 31-37.
35. Buratto, L., Cataract surgery development and techniques. Lucio Buratto. Phacoemulsification: Principles and techniques. Thorofore: SLACK, Inc, 1998. 1: p. 5-7.
36. Karel, F., Fakoemülsifikasyonda avantaj-dezavantaj, endikasyon-kontraendikasyon. 1994, Antalya: Turk Oftalmoloji Derneği XXVIII. Ulusal Kongre Bulteni.
37. Buratto, L., Phacoemulsification: principles and techniques. 2003: Slack Incorporated.
38. Singer, J., The scleral approach to cataract incisions. Ophtalmology Clinics of North America, 1995. 8: p. 429-440.
39. Fine, I., Clear corneal cataract incisions. Ophtalmology Clinics of North America, 1995. 8: p. 547-554.
40. Güler, C., Temel Göz Hastalıkları, P. O'dwyer and Y. Akova, Editors. 2015, Güneş Tıp Kitabevi. p. 127-136.
41. Özçetin, H., Şener B. Gözde kırılma kusurları ve uyum, Miyopi ve Tedavisi, Nobel Tıp Kitabevleri, Bursa, 2002. 1: p. 63-95.
42. Eğrilmez, S., G. Dalkılıç, and A. Yağcı, Astigmatizma analizinde vektöryel analiz programı. T Oft Gaz, 2003. 3: p. 404-416.

43. Koch, D.D., How should we analyze astigmatic data? 2001, Elsevier.
44. Holladay, J.T., D.R. Dudeja, and D.D. Koch, Evaluating and reporting astigmatism for individual and aggregate data. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 1998. 24(1): p. 57-65.
45. Holladay, J.T., J.R. Moran, and G.M. Kezirian, Analysis of aggregate surgically induced refractive change, prediction error, and intraocular astigmatism. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2001. 27(1): p. 61-79.
46. Jaffe, N.S., The pathophysiology of corneal astigmatism after cataract extraction. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol*, 1975. 79: p. 615-630.
47. Bennett, A. A new approach to the statistical analysis of ocular astigmatism and astigmatic prescriptions. in *The Frontiers of Optometry: First International Congress*. 1984.
48. Kaye, S.B. and A. Patterson, Analyzing refractive changes after anterior segment surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2001. 27(1): p. 50-60.
49. Naeser, K. and J. Hjortdal, Polar value analysis of refractive data. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2001. 27(1): p. 86-94.
50. Harris, W.F., Analysis of astigmatism in anterior segment surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2001. 27(1): p. 107-128.
51. Naeser, K. and J.K. Behrens, Correlation between polar values and vector analysis. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 1997. 23(1): p. 76-81.
52. Hayashi, K., et al., The correlation between incision size and corneal shape changes in sutureless cataract surgery. *Ophthalmology*, 1995. 102(4): p. 550-556.
53. Buehl, W., et al., Comparison of three methods of measuring corneal thickness and anterior chamber depth. *American journal of ophthalmology*, 2006. 141(1): p. 7-12. e1.
54. Azar, D.T., Wavefront Analysis, in *Refractive Surgery*, D. Gatinel and T. Hoang-Xuan, Editors. 2007.
55. O'Dwyer, P.A., Klinik Optik. The Eye M.D Association. American Academy of Ophthalmology. 2009, Ankara: Güneş Kitabevi.

56. Rabinowitz, Y.S., The genetics of keratoconus. *Ophthalmology Clinics*, 2003. 16(4): p. 607-620.
57. O'Dwyer, P.A., Refraktif Cerrahi. Amerikan Göz Akademisi Temel ve Klinik Bilimler Kursu, Cilt 13. 2009, Ankara: Güneş Tıp Kitabevi.
58. <http://astro.if.ufrgs.br/telesc/aberracao.htm>.
59. Khan, S. and G. Rocha, Cataract surgery and optimal spherical aberration: as simple as you think? *Canadian Journal of Ophthalmology/Journal Canadien d'Ophtalmologie*, 2008. 43(6): p. 693-701.
60. Applegate, R.A., Glenn Fry award lecture 2002: wavefront sensing, ideal corrections, and visual performance. *Optometry & Vision Science*, 2004. 81(3): p. 167-177.
61. HILLER, R., R.D. Sperduto, and F. EDERER, Epidemiologic associations with cataract in the 1971–1972 National Health and Nutrition Examination Survey. *American Journal of Epidemiology*, 1983. 118(2): p. 239-249.
62. Koch, M.J. and T. Kohnen, Refractive cataract surgery. *Current opinion in ophthalmology*, 1999. 10(1): p. 10-15.
63. Rainer, G., et al., Corneal shape changes after temporal and superolateral 3.0 mm clear corneal incisions. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 1999. 25(8): p. 1121-1126.
64. Masket, S., Comparison of suture materials for closure of the scleral pocket incision. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 1988. 14(5): p. 548-551.
65. Samuelson, S.W., D.D. Koch, and C.C. Kuglen, Determination of maximal incision length for true small-incision surgery. *Ophthalmic Surgery, Lasers and Imaging Retina*, 1991. 22(4): p. 204-207.
66. Cravy, T.V., Routine use of a lateral approach to cataract extraction to achieve rapid and sustained stabilization of postoperative astigmatism. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 1991. 17(4): p. 415-423.
67. Singer, J.A., Frown incision for minimizing induced astigmatism after small incision cataract surgery with rigid optic intraocular lens implantation. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 1991. 17: p. 677-688.

68. Takmaz, T., et al., Temporal ve oblik 5.5 mm'lik saydam kornea kesisi ile tamamlanan fakoemülsifikasyon ameliyatları sonrasında astigmatizma gelişiminin değerlendirilmesi. MN oftalmoloji, 2003. 10(2): p. 120-125.
69. Poort-van Nouhuijs, H., et al., Corneal astigmatism after clear corneal and corneoscleral incisions for cataract surgery. Journal of Cataract & Refractive Surgery, 1997. 23(5): p. 758-760.
70. Kurimoto, Y., et al., Corneal astigmatism after cataract surgery with 4.1 mm BENT scleral and 4.1 mm plus meridian corneal incisions. Journal of Cataract & Refractive Surgery, 1999. 25(3): p. 427-431.
71. Cillino, S., et al., Temporal versus superior approach phacoemulsification: Short-term postoperative astigmatism. Journal of Cataract & Refractive Surgery, 1997. 23(2): p. 267-271.
72. Alió, J.L., J.L.R. Prats, and A. Galal, MICS: Micro-incision cataract surgery. 2004: Highlights of Ophthalmology International ^ ePanamá Panamá.
73. Olson, R.J., Clinical experience with 21-gauge manual microphacoemulsification using Sovereign WhiteStar Technology in eyes with dense cataract. Journal of Cataract & Refractive Surgery, 2004. 30(1): p. 168-172.
74. Wang, J., et al., The effect of micro-incision and small-incision coaxial phaco-emulsification on corneal astigmatism. Clinical & experimental ophthalmology, 2009. 37(7): p. 664-669.
75. Shentu, X., et al., Coaxial microincision cataract surgery versus standard coaxial small-incision cataract surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials. PloS one, 2016. 11(1): p. e0146676.
76. ŞENER, E.C., et al., Fakoemülsifikasyon Sonrası Astigmatizmadaİnsizyon Uzunluğu ve Sütürün Etkisi. Türkiye Klinikleri Journal of Ophthalmology, 1999. 8(2): p. 86-89.
77. Oshima, Y., et al., Comparative study of intraocular lens implantation through 3.0 mm temporal clear corneal and superior scleral tunnel self-sealing incisions. Journal of Cataract & Refractive Surgery, 1997. 23(3): p. 347-353.

78. Beltrame, G., et al., Corneal topographic changes induced by different oblique cataract incisions. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2001. 27(5): p. 720-727.
79. Elkady, B., et al., Corneal aberrations after microincision cataract surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2008. 34(1): p. 40-45.
80. Şimşek, Ş., et al., Effect of superior and temporal clear corneal incisions on astigmatism after sutureless phacoemulsification. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 1998. 24(4): p. 515-518.
81. Ermiş, S.S., Ü.Ü. İnan, and F. Öztürk, Surgically induced astigmatism after superotemporal and superonasal clear corneal incisions in phacoemulsification. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2004. 30(6): p. 1316-1319.
82. Barequet, I.S., et al., Astigmatism outcomes of horizontal temporal versus nasal clear corneal incision cataract surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2004. 30(2): p. 418-423.
83. Altan-Yaycioglu, R., et al., Effect on astigmatism of the location of clear corneal incision in phacoemulsification of cataract. *Journal of Refractive Surgery*, 2007. 23(5): p. 515-518.
84. Tejedor, J. and J.A. Pérez-Rodríguez, Astigmatic change induced by 2.8-mm corneal incisions for cataract surgery. *Investigative ophthalmology & visual science*, 2009. 50(3): p. 989-994.
85. Özkurt, Y., et al., Astigmatism after superonasal and superotemporal clear corneal incisions in phacoemulsification. *International ophthalmology*, 2008. 28(5): p. 329-332.
86. Jacobs, B.J., B.I. Gaynes, and T.A. Deutsch, Refractive astigmatism after oblique clear corneal phacoemulsification cataract incision. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 1999. 25(7): p. 949-952.
87. Kim, T.G., S.R. Noh, and K.H. Jin, The Effects of Distance Between the Corneal Apex and the Inner and Outer Corneal Wound Edges on Corneal Astigmatism After Cataract Surgery. *Journal of Refractive Surgery*, 2017. 33(7): p. 460-468.

88. Ernest, P.H., L.A. Kiessling, and K.T. Lavery, Relative strength of cataract incisions in cadaver eyes. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 1991. 17: p. 668-671.
89. Ernest, P.H., et al., Relative stability of clear corneal incisions in a cadaver eye model. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 1995. 21(1): p. 39-42.
90. Gönen, T., et al., Fakoemülsifikasyon cerrahisinde sütürlü ve tek sütürlü 4.0 mm saydam kornea kesisi ile indüklenen astigmatizmanın uzun dönemde karşılaştırılması. *MN Oftalmoloji*, 2006. 13: p. 293-295.
91. Stainer, G.A., et al., The natural and modified course of post-cataract astigmatism. *Ophthalmic Surgery, Lasers and Imaging Retina*, 1982. 13(10): p. 822-827.
92. Yaylalı, V., et al., Fakoemülsifikasyonda korneal insizyon boyutunun cerrahi astigmatizmaya etkisi. *MN Oftalmol*, 2000. 7: p. 126-129.
93. Daylan, A., et al., Fakoemülsifikasyon Olgularında 3.0 mm ve 4.2 mm Saydam Kornea Kesilerinin Ameliyat Sonrası Astigmatizma Değerlerinin Karşılaştırılması. *Turkish Journal of Ophthalmology/Turk Oftalmoloji Dergisi*, 2010. 40(3).
94. Ermiş, S., Ü. İnan, and F. Öztürk, Oblik kadranda corneal tunnel kesisinden katlanabilir akrilik ve polimetilmetakrilat göz içi lens implantasyonu sonrası cerrahi astigmatizma. *T Oft Gaz*, 2003. 33: p. 112-117.
95. Kohnen, S., R. Neuber, and T. Kohnen, Effect of temporal and nasal unsutured limbal tunnel incisions on induced astigmatism after phacoemulsification. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2002. 28(5): p. 821-825.
96. Wei, Y.-H., et al., The influence of corneal wound size on surgically induced corneal astigmatism after phacoemulsification. *Journal of the Formosan Medical Association*, 2012. 111(5): p. 284-289.
97. Oshika, T., et al., Three year prospective, randomized evaluation of intraocular lens implantation through 3.2 and 5.5 mm incisions. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 1998. 24(4): p. 509-514.
98. Percival, P. and N. Beare, Clear cornea sutureless phacoemulsification and astigmatic decay after two years. *Eye*, 1997. 11(3): p. 381-384.

99. Lever, J. and E. Dahan, Opposite clear corneal incisions to correct pre-existing astigmatism in cataract surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2000. 26(6): p. 803-805.
100. Applegate, R.A., E.J. Sarver, and V. Khemsara, Are all aberrations equal? *Journal of Refractive Surgery*, 2002. 18(5): p. S556-S562.
101. Coward, D., T. Swartz, and M. Wang, The optics of the cornea, in *Corneal Topography in the Wavefront Era: A Guide for Clinical Application*. 2006, Slack, Thorofare, NJ. p. 20-28.
102. Melamud, A., et al., Comatic aberration as a cause of monocular diplopia. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2006. 32(3): p. 529-532.
103. Guirao, A., J. Tejedor, and P. Artal, Corneal aberrations before and after small-incision cataract surgery. *Investigative ophthalmology & visual science*, 2004. 45(12): p. 4312-4319.
104. Tong, N., et al., Changes in corneal wavefront aberrations in microincision and small-incision cataract surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2008. 34(12): p. 2085-2090.
105. Can, İ., et al., Aspheric microincision intraocular lens implantation with biaxial microincision cataract surgery: efficacy and reliability. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2010. 36(11): p. 1905-1911.
106. Ye, H., et al., Changes of corneal higher-order aberrations after cataract surgery. *Optometry & Vision Science*, 2014. 91(10): p. 1244-1250.
107. Chu, L., et al., Optimal incision sites to reduce corneal aberration variations after small incision phacoemulsification cataract surgery. *International journal of ophthalmology*, 2016. 9(4): p. 540.
108. Song, I.S., et al., Corneal coma and trefoil changes associated with incision location in cataract surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2015. 41(10): p. 2145-2151.
109. Hidaka, Y., et al., Changes in corneal aberrations after cataract surgery. *Japanese journal of ophthalmology*, 2016. 60(3): p. 135-141.
110. Jiang, Y., et al., Changes in corneal astigmatism and high order aberrations after clear corneal tunnel phacoemulsification guided by corneal topography. *Journal of Refractive Surgery*, 2006. 22(11): p. S1083-S1088.

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI'NA

Dr. Serap SÖNMEZ'e ait “ Fakoemülsifikasyon Cerrahisinde İnsizyon Geometrisi ve İnsizyon Yerleşiminin Korneal Yüksek Düzey Wavefront Aberasyonlara ve Astigmatizmaya Etkisi” adlı çalışma, jürimiz tarafından Göz Hastalıkları Anabilim Dalı'nda **Tıpta Uzmanlık Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tarih: 7 / 11 / 2017

İmza

Başkan : Prof. Dr. Cem EVEREKLİOĞLU

.....

Üye : Doç. Dr. Süleyman DEMİRCAN

.....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Çağatay KARACA (Danışman)

.....