

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

**KATARAKT CERRAHİSİNDE KULLANILAN SFERİK VE
ASFERİK İNTRAOKÜLER LENSLEİN KONTRAST
DUYARLILIK, KORNEA TOPOGRAFİSİNDEKİ DEĞİŞİMLER VE
OKÜLER ABERASYONLAR AÇISINDAN ETKİLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

**TIPTA UZMANLIK TEZİ
Dr. FEYZA UZUN**

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. RAMAZAN YAĞCI**

ANKARA-2011

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini her zaman örnek aldığım, her konuda yeniliklere ön yargısız ve bilimsel olarak yaklaşmayı öğreten, teorik ve pratik deneyimlerini daima benimle paylaşan ve her açıdan kendimi geliőtirmemde büyük katkıları olan değerli hocalarım Prof.Dr. İbrahim Feyzi Hepşen ve Prof.Dr. Yüksel Totan'a, ayrıca tezimin konu seçiminden itibaren oluşumunun her aşamasında büyük desteğini gördüğüm Doç.Dr. Ramazan Yağcı'ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Kendileriyle çalışmaktan daima büyük zevk aldığım asistan arkadaşlarıma ve klinik personelimize de ayrı ayrı teşekkür ederim.

Bugüne kadar üzerimde sonsuz emekleri bulunan ve her zaman yanımda bulunan kıymetli anneme ve babama, ayrıca desteğini daima yanımda hissettiğim sevgili eşime ve minik oğluma sonsuz sevgilerimi sunarım.

DR.FEYZA UZUN

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
KISALTMALAR	III
TABLO LİSTESİ.....	IV
GRAFİK LİSTESİ.....	V
RESİM LİSTESİ	VI
ÖZET.....	VII
ABSTRACT	XI
GİRİŞ VE AMAÇ	1
GENEL BİLGİLER.....	3
LENSİN ANATOMİSİ	3
LENSTE YAŞLILIKTA ORTAYA ÇIKAN DEĞİŞİKLİKLER.....	5
KATARAKT	5
KATARAKT CERRAHİSİ.....	7
FAKOEMÜLSİFİKASYON GÜNCEL CERRAHİSİ.....	8
GÖZ İÇİ LENSLEER.....	9
KONTRAST VE KONTRAST DUYARLILIĞI	14
WAVEFRONT	18
OKÜLER ABERASYONLAR	20
MATERYAL VE METOD	28
BULGULAR	38
TARTIŞMA.....	55
SONUÇLAR	80
KAYNAKLAR.....	81

KISALTMALAR

AMO	: Advanced medical optics
D	: Diyoptri
GİL	: Göz içi lens
HEMA	: Hidroksietil metakrilat
μ	: Mikron
PMMA	: Polimetilmetakrilat
PHEMA	: Polyhidroksietilmetakrilat
RI	: Refraktif indeks
SA	: Sferik aberasyon
ASK	: Arka supkapsüler katarakt
AKB	: Arka kapsül bulanıklığı
RMS	: Root mean square
EKKE	: Ekstrakapsüler katarakt ekstraksiyonu
İKKE	: İntrakapsüler katarakt ekstraksiyonu
Cpd	: cycles per degree
MTF	: Modülasyon transfer fonksiyon

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Çalışmamızda kullanılan Alcon GİL'lerinin optik özellikleri	34
Tablo 2. Çalışmamızda kullanılan Rayner GİL'lerinin optik özellikleri.....	37
Tablo 3. Alcon ve Rayner göz içi lensi gruplarında hasta cinsiyetleri	38
Tablo 4. Alcon ve Rayner gruplarında hasta yaşlarının dağılımı	40
Tablo 5. Alcon ve Rayner gruplarında gözlere göre hastaların RMS değerleri ortancaları.....	42
Tablo 6. Alcon ve Rayner gruplarında hastaların ameliyat öncesi korneal wavefront RMS değerleri ortancaları	43
Tablo 7. Alcon ve Rayner gruplarında hastaların ameliyat sonrası korneal wavefront RMS değerleri ortancaları	43
Tablo 8. Alcon grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası görme keskinliği oranları (%).....	44
Tablo 9. Alcon grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası log kontrast duyarlılık değerleri	45
Tablo 10. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası görme keskinliği oranları (%).....	46
Tablo 11. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası log kontrast duyarlılık değerleri	48
Tablo 12. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası SA değerleri.....	49
Tablo 13. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası vertikal koma değerleri.....	50
Tablo 14. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası horizontal koma değerleri.....	51
Tablo 15. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası total yüksek sıralı aberasyon değerleri.....	52
Tablo 16. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası pupil çapları (mm)	53

GRAFİK LİSTESİ

Sayfa No

Grafik 1. Alcon uygulamasında sferik ve asferik lenslere göre cinsiyet dağılımı.....	39
Grafik 2. Rayner uygulamasında sferik ve asferik lenslere göre cinsiyet dağılımı.....	40
Grafik 3. Hasta yaşlarının gruplara göre ortalaması	41
Grafik 4. Alcon grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası log kontrast duyarlılık ortancaları	46
Grafik 5. Rayner grubunda görme keskinliği ortancaları.....	47
Grafik 6. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası log kontrast duyarlılık ortancaları	48
Grafik 7. Rayner grubunda Sferik ve Asferik lens uygulama sonrası sferik aberasyon ortalamaları	49
Grafik 8. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası vertikal koma ortalamaları.....	50
Grafik 9. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası horizontal koma ortancaları	51
Grafik 10. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası total yüksek sıralı aberasyon ortancaları	53
Grafik 11. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası pupil çapı ortalamaları (mm)	54

RESİM LİSTESİ

Sayfa No

Resim 1. İdeal bir optik sistemde ışınların retina üzerinde odaklanması	19
Resim 2. Aberasyonu olan bir gözde ışınların retina üzerinde odaklanması.....	19
Resim 3. Zernicke piramidi.....	22
Resim 4. Zernicke polinomları	23
Resim 5. Hartmann-Shack wavefront algılayıcısının şematik görünümü	26
Resim 6. Korneal wavefront Hartmann-Shack görüntüleri	27
Resim 7. Çalışmamızda kullanılan Hemalton Veale kontrast duyarlılık kartı.....	31
Resim 8. Alcon Acrysof IQ SN60WF	33
Resim 9. Alcon Acrysof SA60AT	33
Resim 10. Rayner Superflex ® sferik 620H ve enjektör sistemi	35
Resim 11. Rayner Superflex ® asferik 920H ve enjektör sistemi	36

ÖZET

Amaç: Katarakt cerrahisi yapılan olgularda göz içine yerleştirilen sferik ve asferik göz içi lenslerin cerrahi sonrası görme keskinliği, kontrast duyarlılık ve oküler aberasyonlar üzerine olan etkilerinin karşılaştırılması.

Gereç ve yöntem: Bu çalışma prospektif ve randomize olarak yapıldı. Fatih Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalında katarakt tanısı alan ve cerrahi önerilen hastalar iki farklı grupta ele alınarak çalışmaya dahil edildi. Birinci grupta yer alan 60 hastanın 60 gözüne komplikasyonsuz fakoemülsifikasyon yapılarak 30 göze sferik Alcon Acrysof SA60AT ve diğer 30 göze de asferik Alcon Acrysof IQ SN60WF göz içi lens (GİL) implante edildi. İkinci gruptaki 30 hastaya bilateral katarakt cerrahisi fakoemülsifikasyon yöntemiyle yapılarak hastaların rastgele bir gözlerine sferik Rayner Süperflex 620H ve diğer gözlerine de asferik Rayner Süperflex 920H GİL yerleştirildi. Her iki gruba da ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası dönemde korneal topografi cihazı ile ölçüm yapılarak tüm hastaların korneal wavefront değerleri alındı. Ameliyat sonrası dönemde her iki grubun da görme keskinliği ve kontrast duyarlılıkları ölçülerek sferik ve asferik gruplar arasında değerler karşılaştırıldı. Ayrıca ikinci grubun ameliyat sonrası 1.ayda total wavefront ölçümleri yapılarak hastaların sferik aberasyon (SA), vertikal ve horizontal koma ve total yüksek sıralı aberasyon değerleri sferik ve asferik GİL grubunda karşılaştırıldı.

Bulgular:

Alcon grubunda: Sferik lens uygulanan 30 hastanın yaş ortalamaları 64.13 ± 10.64 yıl iken, asferik lens uygulanan 30 hastanın yaş ortalaması 64.70 ± 8.79 yıl idi.. Sferik lens uygulanan hastaların korneal root mean square (RMS) ortancası $0.820 \mu\text{m}$ iken asferik lens uygulanan hastaların RMS ortancası $0.830 \mu\text{m}$ olarak belirlenmiştir. Çalışma başlangıcında ameliyat öncesi korneal RMS değerleri açısından sferik ve asferik gruplar arasında fark yoktu ($p=0.900$). Ayrıca sferik lens uygulanan hastaların ameliyat sonrası korneal RMS ortancası $0.826 \mu\text{m}$ iken asferik lens uygulanan hastaların ameliyat sonrası korneal RMS ortancası $0.832 \mu\text{m}$ olarak belirlendi. Sferik ve asferik gruplar arasında ameliyat sonrası korneal wavefront RMS değerleri istatistiksel olarak benzerdi ($p=0.780$). Ayrıca sferik ve asferik gruplar arasında ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası korneal RMS değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0.710$).

Sferik lens uygulanan gözlerde ortanca görme keskinliği % 100,0 iken asferik lens uygulaması sonrasında görme keskinliği ortancası % 100,0 idi. Alcon grubunda sferik ve asferik lens uygulaması sonrasında elde edilen görme keskinliği ortancaları istatistiksel olarak farksızdı ($p=0.128$).

Sferik lens uygulanan hastalarda log kontrast duyarlılığı ortancası 1.500 olarak hesaplanmıştır. Asferik lens uygulanan grupta da ortanca log kontrast duyarlılığı 1.800 idi. Asferik lens uygulanan grubun log kontrast duyarlılık ortancası sferik lens uygulanan gruptan istatistiksel olarak da anlamlı miktarda daha yüksekti ($p<0.001$).

Rayner grubunda: Rayner grubundaki 30 hastanın yaş ortalamaları 68.12 ± 8.17 yıl idi. Rayner grubunda sferik lens uygulanan hastaların ameliyat öncesi RMS ortancası $0.895 \mu\text{m}$ iken asferik lens uygulanan hastaların RMS ortancası $0.955 \mu\text{m}$ idi. Çalışma başlangıcında ameliyat öncesi korneal RMS değerleri açısından sferik ve asferik gruplar arasında fark yoktu ($p=0.679$). Ayrıca sferik lens uygulanan hastaların ameliyat sonrası korneal RMS ortancası $0.899 \mu\text{m}$

asferik lens uygulanan hastaların ameliyat sonrası korneal RMS ortancası 0.952 μm idi. Sferik ve asferik gruplar arasında ameliyat sonrası korneal wavefront RMS değerleri istatistiksel olarak benzerdi ($p=0.721$) Ayrıca sferik ve asferik gruplar arasında ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası korneal RMS değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0.717$).

Sferik lens uygulaması sonrasında ortalama görme keskinliği %85,0 iken asferik lens uygulaması sonrasında ortalama görme keskinliği %95,0 idi. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulaması sonrasında elde edilen görme keskinliği ortancaları istatistiksel olarak farklıydı ($p=0.005$). Sferik lens uygulanan hastaların log kontrast duyarlılığı ortancası 1.650 iken asferik lens uygulanan grupta ortalama log kontrast duyarlılığı 1.800 idi. Asferik lens uygulanan grubun log kontrast duyarlılık ortancası sferik lens uygulanan gruptan istatistiksel olarak anlamlı miktarda daha yüksekti ($p<0.001$),

Rayner grubunda sferik lens uygulanan hastaların ortalama sferik aberasyon (SA) değeri 0.136 ± 0.087 μm iken asferik lens uygulanan hastaların ortalama SA değeri 0.069 ± 0.078 μm idi. Sferik ve asferik lens uygulanan gruplar arasında SA açısından istatistiksel olarak da anlamlı farklılık vardı ($p=0.003$). Sferik lens uygulanan hastaların ortalama vertikal koma değeri 0.053 ± 0.113 μm iken asferik lens uygulanan grupta ise 0.021 ± 0.125 μm idi. Sferik ve asferik lens uygulanan gruplar arasında vertikal koma açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu ($p=0.310$). Sferik lens uygulanan hastaların horizontal koma ortancası 0.040 μm iken asferik lens uygulanan grupta ise -0.003 μm idi. Sferik ve asferik lens uygulanan gruplar arasında horizontal koma açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu ($p=0.249$). Sferik lens uygulanan hastaların total yüksek sıralı aberasyon ortancası ise 0.340 μm iken asferik lens uygulanan grupta ise 0.260 μm olarak belirlendi. Sferik ve asferik lens uygulanan gruplar arasında total yüksek sıralı aberasyon açısından istatistiksel olarak da anlamlı farklılık vardı ($p=0.002$).

Sonuç: Alcon grubunda sferik ve asferik lensler arasında görme keskinliği açısından anlamlı fark yokken kontrast sensitivite asferik lenslerde anlamlı olarak daha yüksekti. Rayner grubunda asferik lenslerde görme keskinliği ve kontrast

duyarlılık değerleri sferik lenslere göre anlamlı olarak yüksekti. Sferik lenslerde total yüksek sıralı aberasyonlar ve alt grubu olan SA asferik lenslere göre belirgin ve anlamlı derecede yüksek bulunurken yine total yüksek sıralı aberasyonların alt grupları olan vertikal ve horizontal koma değerleri iki lens grubu arasında istatistiksel olarak farksızdı.

Anahtar kelimeler: katarakt, kontrast duyarlılık, görme keskinliği, sferik aberasyon, koma, yüksek sıralı aberasyon.

ABSTRACT

Purpose: Comparison of the post-surgery effects of spherical and aspheric intraocular lenses on visual acuity, contrast sensitivity and ocular aberrations, in cataract surgery cases with eye implants.

Material and method: This study was performed in random and prospective manner. Patients, who were diagnosed with cataract and recommended a cataract surgery in Ophthalmology Department of Fatih University's Faculty of Medicine, have been included in the study within two different groups. An uncomplicated phacoemulsification has been performed on 60 eyes of 60 patients in the first group, and for 30 eyes a spherical Alcon Acrysof SA60AT was implanted, and for the other 30 eyes an aspheric Alcon Acrysof IQ SN60WF was implanted. A bilateral cataract surgery has been performed on the 30 patients in the second group by the phacoemulsification method, and a spherical Rayner Superflex 620H was implanted to one of the eyes randomly, and an aspheric Rayner Superflex 920H intraocular lens (IOL) was implanted to the other eyes of the patients. Corneal wavefront values of all patients are obtained from both groups by performing measurements via corneal topography device, in preoperative and postoperative periods. Values between spherical and aspheric groups were compared by measuring visual acuity and contrast sensitivity of both groups in the postoperative period. Furthermore, the total wavefront measurements of the second group were taken at the 1st month after the operation, and spherical

aberration (SA), vertical and horizontal coma, and total higher-order aberration values of the patients were compared within spherical and aspheric IOL groups.

Results:

In the Alcon group: The mean age of the 30 patients, who underwent a spherical lens application, was 64.13 ± 10.64 years, and the mean age of other 30 patients, who underwent an aspheric lens application was 64.70 ± 8.79 years, respectively. Corneal RMS median of patients with a spherical lens, was $0.820 \mu\text{m}$, and the RMS median of patients with an aspheric lens, was found as $0.830 \mu\text{m}$, respectively. There were no difference ($p=0.900$) at the start of the study, in terms of preoperative corneal RMS values, between spherical and aspheric groups. In addition, postoperative corneal RMS median of patients, who underwent a spherical lens application was $0.826 \mu\text{m}$, and the postoperative corneal RMS median of patients, who underwent an aspheric lens application was determined as $0.832 \mu\text{m}$, respectively. Postoperative corneal wavefront RMS values were statistically similar ($p=0.780$), between spherical and aspheric groups. In addition, there were no statistically significant difference ($p=0.710$), between preoperative and postoperative corneal RMS values, among spherical and aspheric groups.

The visual acuity median after aspheric lens application was 100.0%, while the median visual acuity in eyes with spherical lens was 100.0%. In the Alcon group, the visual acuity medians, obtained after spherical and aspheric lens application, were statistically indifferent ($p=0.128$).

The median of log contrast sensitivity, in patients with spherical lens, was calculated as 1.500. The median of log contrast sensitivity was 1.800 in the aspheric lens group. The median of log contrast sensitivity in the aspheric lens group was higher than the one in spherical lens group with a statistically significance ($p<0.001$).

In the Rayner group: The mean age of 30 patients in the Rayner group was 68.12 ± 8.17 years. In Rayner group, the RMS median of patients, who underwent a spherical lens application, was $0.895 \mu\text{m}$, and the RMS median of patients with

aspheric lens was 0.955 μm , respectively. There were no difference ($p=0.679$) between spherical and aspheric groups, in terms of preoperative corneal RMS values, at the start of the study. In addition, postoperative corneal RMS median of patients with spherical lenses was 0.899 μm , and the postoperative corneal RMS median of patients with aspheric lens was 0.952 μm , respectively. Postoperative corneal wavefront RMS values were statistically similar ($p=0.721$), between spherical and aspheric groups. In addition, there were no statistically significant difference ($p=0.717$), between preoperative and postoperative corneal RMS values, among spherical and aspheric groups.

The visual acuity median after aspheric lens application was 95.0%, while the median visual acuity in eyes with spherical lens was 85.0%. In the Rayner group, the visual acuity medians, obtained after spherical and aspheric lens application, were statistically different ($p=0.005$). The median of log contrast sensitivity in patients with spherical lens application was 1.650, and for the aspheric lens group the median of log contrast sensitivity was 1.800. The median of log contrast sensitivity in the aspheric lens group was higher than the one in spherical lens group with a statistically significance ($p<0.001$).

In the Rayner group, the mean spherical aberration (SA) value of patients with spherical lens application was 0.136 ± 0.087 μm , whereas the mean SA values of patients with aspheric lens application was 0.069 ± 0.078 μm . There was a statistically significant difference ($p=0.003$) between spherical and aspheric lens groups, in terms of SA. The mean vertical coma value of the patients who underwent a spherical lens application was 0.053 ± 0.113 μm , whereas it was 0.021 ± 0.125 μm in the aspheric lens group. There were no statistically significant difference ($p=0.310$) between spherical and aspheric lens groups, in terms of vertical coma. The horizontal coma median of the patients who underwent a spherical lens application was 0.040 μm , whereas it was -0.003 μm in the aspheric lens group. There were no statistically significant difference ($p=0.249$) between spherical and aspheric lens groups, in terms of horizontal coma. The total higher-order aberration median of the patients with spherical lenses was 0.340 μm , whereas it was 0.260 μm (IQR=0.130) in the aspheric lens group. There was a

statistically significant difference ($p=0.002$) between spherical and aspheric lens groups, in terms of total higher-order aberration.

Conclusion: In the Alcon group, there were no significant difference in visual acuity between spherical and aspheric lenses, the contrast sensitivity was significantly higher in aspheric lenses. In the Rayner group, the visual acuity and contrast sensitivity values were significantly higher in aspheric lenses than the values in spherical lenses. The total higher-order aberrations and its subset SA in spherical lenses was significantly higher compared to the aspheric lenses, and also the vertical and horizontal coma values, which are the subsets of again the total higher-order aberrations, were statistically indifferent between the two lens groups.

Keywords: cataract, contrast sensitivity, visual acuity, spherical aberration, coma, higher-order aberrations.

GİRİŞ VE AMAÇ

Kataraktın güncel cerrahi tedavisi 3 mm'den küçük korneal kesi yoluyla fakoemülsifikasyon ve katlanabilir göz içi lenslerin (GİL) kapsül içine yerleştirilmesi yöntemidir. Hem kataraktın kendisi hem de implante edilen GİL'ler oküler aberasyonlara neden olarak optik kalitenin azalmasına neden olabilirler. Nükleer katarakta bağlı olarak refraktif indeks artar ve bunun sonucunda sferik aberasyon (SA) ve diğer aberasyonların miktarı artar ve bu durum kontrast duyarlılıkta, görme keskinliğinde azalmaya neden olarak optik kaliteyi ve fonksiyonel görmeyi bozabilir.

Oküler aberasyonlar optik kaliteyi bozan ve katarakt cerrahisi sonrası hasta memnuniyetsizliğine neden olan ışık sapmalarıdır. Işık hüzmeleri optik olarak problemsiz bir göze geldiğinde bu üç boyutlu yapı içinde koni şeklinde kırılarak retinada bir noktada odaklanır. Bu yolun tam tersini düşünürsek, retinadaki bir noktadan yansıyan ışığın aynı şekilde birbirine paralel olarak yayılması beklenir. Bu yansıyan ışınların her birinin bir düzlem üzerinde birbirine eşit uzaklıkta ve netlikte görüntüsü oluşur ve elde edilen görüntülerin hepsine wavefront denir. Tüm noktalar birbirine eşit uzaklıkta ve netlikte ise bu haldeki görüntü 'mükemmel wavefront' olarak adlandırılır fakat göz içi ve yüzeyinde oluşan herhangi bir sebepten dolayı bu ışın demetinde sapmalar oluşması ve oluşan noktaların eşit uzaklıkta ve netlikte olmaması durumunda wavefront aberasyon ya

da oküler aberasyonlar oluşur. Gelişen teknoloji ile birlikte wavefront ölçüm cihazları sayesinde gözdeki düşük ve yüksek sıralı aberasyonları ölçmek mümkün hale gelmiştir. Düşük sıralı oküler aberasyonlar kontakt lens veya gözlükle tedavi edilebilirken yüksek sıralı aberasyonlar bu yöntemlerle tedavi edilemez. SA ve koma refraktif cerrahiyle en çok alakalı ve optik kaliteyi en çok etkileyen yüksek sıralı aberasyon tipleridir.

Katarakt cerrahisinde kullanılan GİL'lerin dioptrik gücü, optik çapı, materyali, dizaynı ve refraktif indeksi gibi parametreler oküler aberasyonları etkileyebilir. Sferik dizayna sahip GİL'ler korneanın neden olduğu pozitif sferik aberasyonu artırır ve bu da kişiye kontrast duyarlılıkta düşme, optik kalite ve fonksiyonel görme de azalma olarak yansır. Bu nedenlerle gözdeki SA ve diğer yüksek sıralı aberasyonları azaltabilecek ve görme kalitesini artıracak asferik GİL üretme ihtiyacı doğmuştur. Asferik GİL teknolojisi son 5 yılda belirgin ilerleme göstermiştir. Her geçen gün yeni özelliklere sahip asferik GİL'ler dizayn edilmekte ve bu konudaki çalışmalara her gün yenisi eklenmektedir.

Biz de benzer şekilde katarakt cerrahisinde eskiden beri kullanılan sferik GİL'ler ile son yıllarda klinik kullanıma sunulmuş olan asferik GİL'lerin görme keskinliği, oküler aberasyonlar ve kontrast duyarlılığa olan etkilerini değerlendirmek istedik. Bu amaçla tüm dünyada sık olarak kullanılan hidrofobik materyalli sferik Alcon SA60AT ve asferik Alcon SN60WF GİL'i ile hidrofilik materyal özelliğinde ve model, boyut ve kalınlık olarak aynı dizaynda üretilen sferik Rayner Süperflex 620H ve asferik Rayner Süperflex 920H GİL'i çalışma amacıyla seçtik. Literatürde henüz asferik Rayner ile ilgili bir çalışma bulunmamaktadır ve bizim çalışmamızın amacı da henüz etkilerini tam olarak bilmediğimiz bu grup lenslerin optik kaliteye olan etkilerini belirlemektir. Ayrıca literatürde sferik ve asferik GİL'lerin görme keskinliği ve kontrast duyarlılığına olan etkileri ile ilgili çok farklı sonuçlar bulunduğundan Alcon grubu lensin sferik ve asferik dizaynlarının görme keskinliği ve kontrast sensitiviteye etkilerini değerlendirerek bu konuya katkıda bulunmak istedik.

GENEL BİLGİLER

LENSİN ANATOMİSİ

Lens; kornea, aköz hümör, vitreus gibi gözün kırıcı dokularındandır. Ancak lens ve kornea esas kırıcı etkiye sahiptir. Korneanın sabit kırıcı etkisi olduğu halde lens değişebilen kırıcılık değerleri ile görüntünün retina üzerinde odaklanmasını sağlar. Lensin kırıcılık indeksi, çevresini saran aköz hümör ve vitreustan farklı olması nedeniyle, merkezde 1,4 dış kısımlarında ise 1.36 civarındadır. Akomodasyon yapılmadığı durumda, gözün 60 Diyoptri (D) lik konverjan ışığı kırma gücünün 15-20 D'sini karşılamaktadır. Geri kalan 40 D'lik refraksiyon hava –kornea geçişinde olmaktadır (1).

Şeffaf ve bikonveks yapıdaki kristalin lensin Fonksiyonları aşağıdaki gibidir:

*şeffaflığını kendisinin koruması

*ışığı kırması

*akomodasyonu sağlaması

Lens; asimetrik, üstten ve alttan hafif basık ve sferoid yapıdadır (2). Lensin ön ve arka yüzünün birleştiği çepeçevre birleşim yerine ekvator denilir. Çapı 8,8 mm ile 9,2 mm arasındadır (3). Lens hayat boyu büyümeye devam etmektedir. Doğumda lensin ekvatorunda çapı 6,4 mm, ön-arka çapı 3,5 mm ve ağırlığı 90 mg, erişkin lensin ekvatorunda çapı 9 mm, ön arka çapı 5 mm ve ağırlığı 20-30 yaşlarında 0.174 gr, 80-90 yaşlarında 0.266 gr'dır (2).

Lens anatomisinde, klinik açıdan önemli yeni bir sınıflandırma yapılmıştır (4). Buna göre lens; yumuşak materyalden oluşan ve aspire edilebilen yüzeysel korteks, yan yumuşak materyalden oluşan ve aspire edilebilen veya doğurtulabilen ara tabakada epinükleus, sert materyalden oluşan ve doğurtulabilen veya parçalanabilen en içte nükleus tabakalarından meydana gelmektedir. İnsan şeffaf lensinin oluşumu embriyogenezin erken dönemlerinde başlar (5). Dört mm'lik bir embriyoda gestasyonun 3-4. haftalarında insan lens formasyonunun başladığı tespit edilmiştir (6). Gebeliğin 6. haftasında embriyonik nükleus gelişir. Embriyonik nükleusun etrafını fetal nükleus sarar. Doğuma kadar embriyonik ve fetal nükleus lensin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Embriyonik fissürden giren hiyaloid arter öne doğru gelişerek lense ulaşır ve atrofiye uğrayıp kayboluncaya kadar gelişen yapıları geçici olarak besler. Lens fetal gelişim esnasında sinirlerini ve damarlarını kaybeder (7, 8). Lens dış tarafı bazal membran ile çevrili, şeffaf, sinir innervasyonu ve kan damarlarıyla beslenmesi olmayan vücuttaki yegâne yapıdır (9).

Lens histolojik olarak kapsül, lens epiteli ve lens fibrilleri olarak 3 yapıdan oluşur. Lens kapsülü epitel hücreleri tarafından döşeli olan ve tip 4 kollajenden oluşan elastik ve şeffaf bir bazal membrandır. Lens kapsülü akomodasyon işlemi esnasında lensin şeklini değiştirmesinde en büyük rolü oynar (6). Ön kapsül altında tek sıralı dizilmiş hegzagonal hücre tabakasıdır (3). Lens epiteli ektodermal orijinli olup lens ekvatorunda hayat boyu replikasyonunu devam ettirir. Ömrünü tamamlayan hücreler derideki gibi dökülemediğinden lensin hayat boyu ön-arka çapı artmaktadır (10). Lens fibrilleri, lensin ana yapı elemanlarıdır. Ekvator çevresinde bulunan ve mitotik özelliğe sahip lens epitel hücreleridir (3). Epitel hücre ve fibrin yapısı ilk 20 yaşta % 45-50 oranında artar. Bunların sonucunda doğumda 65 mg olan lens, 1 yaşında 125 mg'a, 20 yaşında 152 mg'a ve 90 yaşında 260 mg'a ulaşır (3). Lens silyer cismin pars plana ve pars plikatasındaki pigmentsiz epitelinin bazal laminasından orijin alan zonuler lifler vasıtasıyla desteklenmektedir (1).

LENSTE YAŞLILIKTA ORTAYA ÇIKAN DEĞİŞİKLİKLER

Tüm yaşam boyunca hem lensin kitlesi hem de yapısı büyür. İlk 10 yılda görülen hızlı büyüme lens epitel hücre proliferasyonu ve fibrillerin artması nedeniyledir. Yaşlanmayla beraber epitel hücrelerinde, fibril ve lens kapsülünde değişimler olur. 80 yaşında epitel hücrelerindeki iskelet proteinleri azalmıştır. Hücre plazmasında kolesterol/fosfolipit oranının artması sonucu fibrillerdeki sıvı miktarı azalır. Yapısal elemanları artar. 20 yaşından sonra ortaya çıkan bu olaylar sonucunda nükleus sertleşir. Lens yaşlandıkça, ağırlığı ve kalınlığı artarken uyum yapma yeteneği azalır. Etrafında yeni kortikal lif tabakaları oluştuğunda lens çekirdeği sıkışır ve sertleşir (nükleer skleroz). Lens yaşlanırken soluk sarı veya renksiz olan görünümü, yetişkinlerde koyu sarıya, yaşlılarda ise kahverengi ve siyaha döner. Renkteki bu değişiklikler sadece nükleusla sınırlıdır. Lensin polar eksenini boyunca ölçülen kalınlığı, hayatın her on yılında yaklaşık olarak 0,2 mm artmaktadır (11).

KATARAKT

Katarakt terimi şelale ya da demir parmaklık anlamına gelen Latince "cataracta" ve Yunanca "katarraktes" kelimelerinden türemiştir (12). Katarakt dünyada önlenebilir körlüğün en önemli sebebidir. Bununla birlikte katarakt ekstraksiyonu sonrasında GİL implantasyonu belki de dünyada en etkin kabul edilebilecek cerrahi tedavi yöntemidir (5). Katarakt anatomik olarak kabaca lens opaklaşmasına, fonksiyonel olarak ise yalnızca görmeyi engelleyen opaklaşmalara verilen addir. Biyokimyasal olarak da dönüşümsüz protein koagülasyonu sonucu gelişen kesafetlerdir (13). Ancak bir lens opasitesinin katarakt olarak tanımlanabilmesi için normal görmeyi bozmuş olması gerekmektedir (14). Etiyolojide heredite, travma, inflamasyon, oksidatif stres,

metabolik bozukluklar ve beslenme bozuklukları, radyasyon ya da senil değişiklikler rol oynayabilir (15).

Doğum sonrası ilk 3 ay içinde gelişen kesafetler doğumsal katarakt olarak adlandırılır. 3 ile 18. ay arasında olan kataraktlara ise infantil kataraktlar denilmektedir (13). Katarakt daha çok üçüncü dekatta başlayıp ilerleme gösterir (16). Tüm katarakt olgularının büyük kısmını yaşa bağlı olan kataraktlar oluşturmaktadır (17).

Senil Katarakt

En sık görülen katarakt tipi olan senil katarakt kesafetin yerleşim yerine göre ön subkapsüler, arka subkapsüler, nükleer ve kortikal olarak adlandırılır. Kristalin lenste zaman içerisinde oluşan kataraktöz değişikliklerle beraber öncelikle kontrast duyarlılık ve sonrasında görme keskinliğinde azalma olur. Normal popülasyonda genç kişilerde korneanın sebep olduğu pozitif sferik aberasyon kristalin lensin negatif sferik aberasyon etkisiyle nötralize edilir, görme kalitesi bozulmaz. Ancak yaşlanmayla beraber lensin kalınlığı ve ağırlığı artarken akomodatif gücü azalmaktadır. Özellikle nükleer kataraktta bağlı olarak refraktif indeks artar ve bunun sonucunda lensin sahip olduğu negatif SA pozitif değerlere doğru kaymaya başlar ve SA ile birlikte diğer yüksek sıralı aberasyonlar artış gösterir. Yaşlanmayla birlikte lens ve korneal aberasyon arasındaki dengenin bozulması ile birlikte optik kalite kötüleşir (69,70).

KATARAKT CERRAHİSİ

Katarakt insanın var oluşundan beri varlığından haberdar olunan ve tedavisine çalışılan bir hastalıktır. Katarakt cerrahisi bugün dünya üzerinde en çok uygulaması yapılan medikal işlemdir. Kataraktın belgelenen ilk tedavisi mil çekmedir (Fransızca coucher “yatağa yatırmak” eyleminden). İşlem göz anatomisinin kısıtlı olarak bilinmesinin bir sonucudur. Mil çekme en çok olgun kataraktlı hastalara uygulanmıştır (18). 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 (19). İlk çağlarda Arap cerrah Ammar'ın (996-1020) yumuşak kataraktlarda intralentiküler alandan kendi oyduğu bir tüp yardımıyla lensi emerek aspire etme yöntemiyle farklı bir boyut kazanmış ve böylece modern katarakt cerrahisinin temelleri atılmıştır (20). Jacques Daviel (1696-1762) katarakt ekstraksiyonu yöntemiyle kornea alt kadranda kesi yapıp, kornea kaldırılıp, lens kapsülü çizilip, nükleus basıyla çıkartılıp, korteks küretajla uzaklaştırılıyordu (18). 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 etti (18). 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. İlk kez 19 Kasım 1949 yılında Harold Ridley tarafından yapay lens göz içine yerleştirildi (19). 1965-1972 yılları arasında Cornelius Binkhorst GİL'e destek sağlanması için arka kapsülün sağlam olması gerektiğini bildirdi (21). Katarakt cerrahisine viskoelastik maddelerin girişi Pape ve Balzs tarafından 1979 yılında olmuştur (21).

FAKOEMÜLSİFİKASYON GÜNCEL CERRAHİSİ

Fakoemülsifikasyon yöntemi ile ilgili ilk çalışmalar Charles Kelman tarafından başlatılmıştır. Kelman ilk defa 1963 yılında kataraktı parçalamak için hızlı dönen bir matkabı hayvan modelinde denemiş ancak kornea endotel harabiyeti ile karşılaşmıştır. 1965 yılında irrigasyon ve ultrasonik üniteli ilk fakoemülsifikasyon cihazını yapmıştır ve ilk defa 1967 yılında Kelman insan gözünde 76 dakika süren operasyon ile fakoemülsifikasyon tekniğini gerçekleştirmiştir (22,23). Kelman'ın tarif ettiği cerrahi teknikte nükleus ön kamaraya çıkartılarak emülsifiye edilmektedir. Ancak buna bağlı olarak yüksek oranda endotel hücre kaybı ve ameliyat sonrası kornea ödemi görüldüğünden o yıllarda bu teknik taraftar toplamadı (24). Özellikle 1980'lerin sonlarında Gimble tarafından kapsüloreksis, cep içi (in situ) fakoemülsifikasyon uygulandı ve bu teknik popülerite kazandı (25). 1990 yılında Gimbel ve Neuhann tarafından fakoemülsifikasyonun önemli bir basamağı olan "Continuous Curvilinear Capsulorhexis" yöntemi tanımlanmıştır (26).

Ülkemizde ilk katarakt ekstraksiyonu, Avrupa'da uygulanmaya başlanmasından birkaç yıl sonra Dr. Niyazi İsmet GÖZCÜ tarafından gerçekleştirilmiştir. Kriyoekstraksiyon ile intrakapsüler katarakt cerrahisi ise 1965 yılında Ankara Üniversitesi göz kliniğinde uygulanmaya girmiştir. Ekstrakapsüler katarakt cerrahisi 1980'li yılların ortasından itibaren tercih edilen yöntem olmuştur. Fakoemülsifikasyon tekniği ile ilgili yayınlara ise 1991 yılından itibaren rastlanmaktadır (27).

GÖZ İÇİ LENSLEER

Tarihçesi:

1949 yılına kadar katarakt cerrahisi afakiye neden oluyordu, ilk defa İngiliz oftalmolog Harold Ridley, ikinci dünya savaşı sırasında göz yaralanması geçiren pilotları incelerken uçağın kokpit bölümünün ön camının Polimetilmetakrilat (PMMA) parçacıklarının gözün ön segmentinde iyi tolere edildiğini gözlemledi. Ridley'in lensi üç önemli alanda öngörü oluşturmayı başardı. İlk olarak bikonveks tasarımda kendi PMMA lensini yaptı. İkinci olarak lens implantasyonu için kapsül dışı cerrahiyi kullandı ve üçüncü olarak arka kameraya lens yerleştirdi. Kısaca Ridley katarakt cerrahisinde bugüne kadar devam eden ön görüşün temelini oluşturdu (18). 1950 yıllarında İKKE uygulanmaya başlandı. Bu dönemle beraber irise fikse edilen lensler ve sert ön kamera lensleri kullanılmaya başlandı. Sert ön kamera lensleri ile ilgili komplikasyonlar fleksible ön kamera lenslerinin gelişimini tetikledi. Modern EKKE'nin gelişimi sonucunda da lens kapsülünden destek alan arka kamera GİL'leri geliştirildi (18). Daha sonra viskoelastik maddelerin yaygın olarak kullanılması ve Pierce, Sinsky ve Shering gibi araştırmacıların GİL'ler üzerinde yaptıkları modifikasyonlar sonucunda arka kameraya GİL yerleştirilmesi standart bir işlem halini almıştır (28).

GİL'lerin Üretim Teknikleri

Günümüzde 6 farklı teknik ile GİL'i üretilmektedir (29,30):

Torna kesim tekniği (en popöler metoddur), baskı kalıp tekniği, baskı ile polimerizasyon tekniği, dökme kalıp tekniği, enjeksiyon kalıp tekniği, foto polimerizasyon tekniği.

GİL tipleri

Göz içi lensler temel olarak iki kısımdan oluşur:

- a. Görmeyi sağlayan ve refraktif özelliği olan optik kısmı.
- b. Lensi göz içinde stabilize eden haptik kısmı.

Üretildiği materyale göre GİL'ler rijid (sert) veya katlanabilir (yumuşak) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Sert GİL'lerin optiği polimetilmetakrilat (PMMA) ve haptiği ya PMMA ya da polipropilenden (prolen) yapılır. Bazı GİL'ler de tamamen PMMA' dan yapılır (29).

Katlanabilir GİL'leri ise ya silikon ya da polyhidroksietilmetakrilat (PHEMA)'tan yapılırlar (31,32). Optik materyali olarak cam, haptik materyali olarak da naylon (polyamide) ve metaller de kullanılmıştır.

PMMA GİL'ler:

PMMA; metil metakrilat monomerinin polimeridir. Akrilik asitten derive edilen, metakrilik asit metil esterinin ek polimerizasyonu ile elde edilir. PMMA ilk yapay GİL maddesidir. Ayrıca PMMA en uzun süre test edilmiş maddedir, birçok avantajı vardır. İklim ve yaşlanma ile ilgili değişimlere dirençlidir. Kırma indeksi 1.49'dur (28).

YAG lazer atışlarıyla oluşan lekelerden sonra PMMA lenslerde kamaşma son derece azdır. Özetle PMMA hafif, berrak, stabil bir maddedir (33,34).

Silikon GİL'ler:

Katlanabilir GİL'leri ise ya silikon ya da PHEMA'dan yapılırlar (31,32). Silikon GİL'lerinde kırıcılık indeksi 1.43'dür. Görsel kamaşma ve renk algılama

yakınmaları azdır. Hidrolize ve okside olmazlar (35,36). Akrilikten sonra en çok kullanılan maddedir. Silikon hidrofobik akrilikten daha fazla hidrofobiktir. Avantajları; optik performansı iyi, elastik yapısı ile gerilme ve minimal kesi boyutuna izin verir. Hidrofobik yapısından dolayı üveal ve kapsül biyouyum iyi, arka kapsül bulanıklığı (AKB) oranı düşük (28).

Akrilik GİL'ler:

Katlanabilir GİL'lerin yeni grubu esnek akrilik lenslerdir. Metilmetakrilat ve akrilat esterlerin çapraz bağlı kopolimerleri özellikle GİL için geliştirilmiştir. UV filtrelidirler. Nd:YAG kullanımı bu lenslerin kullanıma girmesiyle azalmıştır. Kırılma indeksi 1.47 ile 1.5 arasındadır (37).

1.55 gibi yüksek kırma indeksi sayesinde PMMA dahil mevcut en ince lensdir. Biyo uyumu yüksek, kapsül fibrozu az ve iyi merkezlenme gibi avantajları vardır (28). Çoğu fakoemülsifikasyon cerrahının ilk tercihi akrilik GİL olmaktadır. Fizyolojik ve görsel performansı PMMA ile karşılaştırılabilecek düzeyde iken ondan daha az reaktiftir ve inflamasyon daha iyi tolere edilir. Son dönemlerde %0.04 sarı kromofor maddeyi lens içine ilave ederek, UV ötesi ışınların tutulumunu sağlayarak ileride gelişecek retinal dejenerasyonu önleyecek GİL'ler üretilmiştir. Hidrofobik ve hidrofilik olarak iki tipi vardır:

1.Hidrofobik akrilik lensler:

Yüksek refraktif indekse sahip oldukları için optikleri daha incedir ve bu da ve implantasyonun daha küçük kesiden gerçekleştirilmesine olanak sağlar. Kısmen sert oldukları için katlanmaya direnç gösterirler. Arka kapsül adezyonu iyi olduğundan bu lenslerde arka kapsül opasifikasyon oranı da düşüktür. Ayrıca dik kenarlı optik lenslerle en düşük oranda arka kapsül opasifikasyon gerçekleşmektedir. Ancak dik kenar ve yüksek refraktif indeks ışığın iç yansımalarına neden olarak görsel aberasyonlar ve disfotopsi yaratabilir.

Çalışmamızda kullandığımız Alcon Acrysof SA60AT ve Alcon Acrysof SN60WF hidrofobik akrilik materyalden üretilmiştir.

2. Hidrofilik akrilik lensler:

Dokuya uyumlu olmaları nedeniyle endotel temasında hasara yol açmaz, su içeriği nedeniyle kolay katlanırlar ve çabuk açılırlar. Üretim maliyetlerini düşük olması piyasada kullanım alanlarını çok genişletmiştir. Katlama ve insersiyon sırasında mikro travmalardan lens yüzeyi etkilenmez, çizikler oluşmaz.

Hidrofilik yüzey lens epitel hücresi çoğalmasına ve hücre göçüne uygun zemin oluşturduğundan, arka kapsül opasifikasyon oranı yüksektir, ancak bu lensler Nd-YAG lazere dirençlidir. Çalışmamızda kullandığımız asferik Rayner Süperflex 920H ve sferik Rayner Süperflex 620H hidrofilik akrilik materyalden üretilmiştir.

GİL Teknolojisinde Yeni Tasarımlar

GİL'ler sferik ve asferik dizayn özelliklerine göre ikiye ayrılırlar. Ameliyat olmayan gözlerde wavefront aberasyonlar düşüktür ve SA baskındır. Korneal yüzeyde SA pozitifdir ve bu durum genç bireylerde kristalin lensin negatif aberasyon etkisiyle kompanse edilir (38,39). Yaşla ve katarakt oluşumuyla beraber kornea ve kristalin lens arasındaki bu uyum bozulur ve total SA tekrar pozitif olarak kaydedilir (38,39). Bu aşamada yapılan katarakt cerrahisi ve sferik GİL implantasyonu sonrası görme miktarı artsa da gözdeki SA ve diğer yüksek sıralı aberasyonlar azaltılamaz. SA'daki artışın sonucu kişiye kontrast sensitivitede azalma, görme keskinliğindeki azalma ve fokus derinliğinde bir miktar artış olarak yansır (40,41). Bu nedenlerle gözdeki yüksek sıralı aberasyonları azaltabilecek ve görme kalitesini artırabilecek asferik GİL üretme ihtiyacı doğmuştur. Asferik GİL teknolojisi özellikle son 5 yılda belirgin ilerleme göstermiştir ve her geçen gün yeni özelliklere sahip asferik GİL'ler dizayn edilmektedir. Günümüzde 3 tip asferik GİL dizaynı şekli vardır; correcting, nötral ve optimizing asferik GİL'ler.

Correcting lensler: Correcting lensler korneadaki pozitif SA'yı kompanse etmek için negatif SA ile dizayn edilmişlerdir. Böylece korneal SA'yı sıfırlayarak maksimum optik kalite, görme keskinliği ve kontrast sensitivitede sferik lenslere göre iyileşme amaçlanmıştır. Bu özelliklerinden dolayı correcting lensler, hiperasferik lensler olarak adlandırılabilir (42). AMO Tecnis Z9000 bu grup içinde ilk olarak kullanılan GİL' dir ve Tecnis anterior yüzeyde asferisite mevcuttur. Yine bu grupta yer alan Alcon Acrysof SN60WF'de posterior yüzeyde asferisite mevcuttur. Biz çalışmamızda correcting asferik Alcon Acrysof IQ SN60WF ile sferik Alcon Acrysof SA60AT'yi kontrast sensitivite ve görme keskinliği açısından karşılaştırdık.

Nötral lensler: Nötral lensler, negatif SA'ya sahip olmadan, korneal pozitif SA'yı değiştirmeden, nötral bir etki oluşturarak sadece kendi yüzeyindeki SA'yı azaltarak görme kalitesi ve kontrastı artıran gerçek asferik lenslerdir. Hiperasferik lenslerde desantralizasyon eğilimi daha fazladır ve yine bu lensler SA'yı tamamen sıfırlayarak hastalarda fokus derinliğini, yakın okumayı ve hasta memnuniyetini bir miktar azaltabilir, bu ihtiyaçtan dolayı nötral lensler dizayn edilmiştir. Nötral lensler, SA'yı tamamen azaltmazlar ve böylece hem asferik hem de sferik GİL avantajlarından yararlanılır. Bosch Lomb Sofport ve Akreos Advanced Optics bu grubun ilk örnekleridir. Biz çalışmamızda aynı kişilerin bir gözlerine yerleştirdiğimiz asferik Rayner Süperflex 920H nötral asferik lensi ve aynı kişilerin diğer gözlerine yerleştirdiğimiz sferik Rayner Süperflex 620H ile wavefront aberasyonlar, kontrast duyarlılık ve görme keskinliği açısından karşılaştırdık.

Optimizing lensler: Refraktif kusurlarda myopi hastalarında pozitif, hipermetropalarda negatif korneal SA oluşur. Optimizing lensler myop ve hipermetrop hastalarda sıfıra yakın pozitif sferik aberasyon oluşturmak için dizayn edilmiştir. LigiAS60 bu grubun ilk örneğidir.

KONTRAST ve KONTRAST DUYARLILIĞI

Kontrast, objenin zemine göre aydınlanma farkı olarak ya da iki bölge arası ortalama aydınlanma farkı olarak tanımlanmaktadır. Kontrast duyarlılığı, hastanın bir test cismini ayırt etmek için, ihtiyaç duyduğu en az miktardaki kontrast (açık ve koyu renk arasındaki fark) miktarıdır. Geleneksel Snellen testine göre, kontrast duyarlılığı testi görme bozukluklarının değerlendirilmesinde çok daha fazla duyarlıdır. Mükemmel Snellen değerleri olan bazı bozuklukları da ortaya koymakta başarılıdır.

Uzaysal frekansın fiziksel ölçümü, obje ile çevresi arasındaki parlaklık farkının karşılaştırılması temeline dayanır. Ölçüm tekniğinin seçimi stimulusun fiziksel yapısına bağlıdır. Parlaklık profilinden bakıldığında kontrast farklı seviyede parlaklığa sahip olan obje ile çevresinin ve bu parlaklık seviyelerin oranlanması ile hesaplanır.

$$\text{Kontrast} = (\text{Zemin parlaklığı} - \text{Obje Parlaklığı}) / (\text{Zemin parlaklığı} + \text{Obje Parlaklığı})$$

Eğer obje sinüzoidal dizilimler gösteren bir yapıda ise maksimum parlaklıktaki parlak bantlar ile minimum parlaklıktaki koyu bantların parlaklıkları arasındaki fark toplam parlaklık ile oranlanır.

$$\text{Kontrast} = (\text{Maks. parlaklık} - \text{Min. Parlaklık}) / (\text{Maks. parlaklık} + \text{Min. Parlaklık})$$

Her iki formülde de izlendiği gibi kontrast yüzde oranı şeklinde ifade edilmekte olup, parlaklık farkı yok ise kontrast seviyesi % 0'dır. Bu formüllerden anlaşılacağı gibi maksimum kontrast da % 100 olacaktır.

Görsel uyarının saptanması retina üzerinde oluşturduğu görüntünün büyüklüğüne bağlıdır. Büyüklük açı-dakika olarak ifade edilir. Cismin algılanması için kabul edilen eşik değer ise 1 açı-dakikadır ve retinadaki bir reseptörün çapından daha küçüktür (43). Görme açı derecesi başına düşen birbiri ardınca

gelen çizgilerin sayısı ise frekans (“grating” siklusu) adını almakta ve birimi “cycles per degree” (cpd) olarak ifade edilmektedir

Kontrast duyarlılığın uzaysal frekansın fonksiyonu olarak eğri şeklinde çizilmesi, kontrast duyarlılık fonksiyonu (KDF) veya modülasyon transfer fonksiyonu (MTF) adını almaktadır (44). Kontrast duyarlılık fonksiyonu çeşitli kontrast düzeyleri altında büyük, orta ve küçük objelere (uzaysal frekanslara) karşı hastanın görme hassasiyetini saptamaktadır.

Günümüzde kontrast duyarlılık ölçümünde hedef olarak hem harfler hem de çeşitli örgü (grid) desenleri kullanılmaktadır. Grid hedefler değişik parlaklıklarda siyah beyaz çubuklardan oluşmaktadır. Sinüzoidal dalga desenleri en çok kullanılan ve Campbell tarafından santral sinir sisteminin çözümü diline en yakın görüntü örneği olduğu ifade edilen desendir. Bu dalga yönlerinin tanınabilmesi için en az 6 kez tekrarlandıkları bir desen sunulmalıdır. Ayrıca görsel sistem vertikal oryantasyonlu desenlere oblik olanlardan daha duyarlıdır (45). Ek olarak düzeltilmemiş astigmatizma, astigmatik aksa paralel olan desenlerin diğer yönlerden daha kolay tanınmasını sağlar (45,46). Buradan hareketle harflerin kontrast testi için daha uygun olduğu fikri doğmaktadır. Harfler kullanılarak kişinin grid desenlerindeki 3 oryantasyondan birini seçmek yerine kontrastı giderek azalan harfleri tahmin etmesi istenmektedir. Ayrıca astigmatizmadan etkilenmeyen harf tipi hedefler yaşlı insanlar tarafından da daha kolay anlaşılabilir. Pelli ve Robson pratik bir çözüm yolu bulmuş, kontrast duyarlılık ölçümü için değişik kontrast düzeylerinde harf tipi hedefler kullanmıştır (45,46). Oluşturdukları kartlarla elde ettikleri test sonuçlarının da grating testleriyle benzer olduğunu göstermişlerdir. Tek uzaysal frekanslı test üretenlerin savunma mantıkları, kontrast duyarlılık eğrisinin, hemen hemen her hastalıkta benzer şekilde olduğu ve bir tek uzaysal frekansa ait kontrast duyarlılık değeri ile görme keskinliği düzeyinin bilinmesinin diğer frekansları tahmin etmek için yeterli olduğu iddiasıdır (47).

Kontrast Duyarlılık Ölçümünde Kullanılan Klinik Yöntemler:

***Pelli-Robson Kartı:**

Pelli-Robson 3 metreden bakıldığında yaklaşık 0,5 devir /derece, uzaysal frekansa denk gelen tek boyutlu harf ortotipleri ile çalışmıştır (48). Her sırada üç harflik iki ayrı kontrast grubu bulunmaktadır. Kontrast seviyesi her bir grupta 0.15 logaritmik ünite azalmakta olup, 8 satırda toplam 16 ayrı kontrast sergilenir. İlk üç harf % 100 kontrastta olup, en sonunda % 0,56'lık kontrast seviyesindeki harf üçlüsü yer alır (47,48). Hastanın harfleri okuması istenir, 3 harfin ikisini yanlış okuduğu sıraya dek ilerlenir. Hatalı okuduğu bu sıranın bir öncesi o kişinin skoru olarak kabul edilir. Bu testin otörleri tek uzaysal frekanstaki bu ölçümün, görme keskinliği ile birlikte değerlendirildiğinde hastanın her türlü kontrast duyarlılık kaybını saptamak için yeterli olacağını öne sürmektedir. Testin avantajı hastanın tanıdığı harfleri (Snellen harfleri) kullanması sebebiyle kolay uygulanabilmesidir. Rubin yüksek test tekrarı güvenilirliği bildirmiştir (48). Testin temel dezavantajı bir tek büyüklükteki harflerle oluşturulmasıdır.

***Hamilton Veale Kartı:**

Pelli-Robson kartlarına benzer şekilde tek boyutlu harflerden ibarettir. Her sırada iki harflik iki ayrı kontrast grubu bulunmaktadır. Kontrast seviyesi her bir grupta 0.15 logaritmik ünite azalmakta olup, 8 satırda toplam 16 ayrı kontrast sergilenir. İlk iki harf % 100 kontrastta olup, en sonunda % 0,60'lık kontrast seviyesindeki harf ikilisi yer alır. Hastanın harfleri okuması istenir, yanlış okuduğu harf çiftine dek ilerlenir. Hatalı okuduğu bu sıranın bir öncesi o kişinin skoru olarak kabul edilir.

***Regan Düşük Kontrast Görme Keskinliği Testi**

***Vistech Vizyon Kontrast Testi**

***F.A.C.T. (Functional Acuity Contrast Test)**

***Cambridge Düşük Kontrast Gratingleri**

***Arden Gratingleri (Amerikan Optik Kontrast Duyarlık Sistemi)**

***Nicolet Biomedikal Alet Şirketi**

Kontrast Duyarlılığı Etkileyen Faktörler

Kontrast duyarlık gözlemci ve deneysel değişkenlere bağlı birçok faktörden etkilenir:

Parlaklık:

Aydınlatma seviyesi düştükçe kontrast duyarlık fonksiyonu daha düşük uzaysal frekanslara kaymaktadır. Kontrast duyarlık seviyesinde aydınlığın azalması ile ortaya çıkan bu azalma, düşük uzaysal frekanslarda, yüksek uzaysal frekanslardakinden daha belirgindir.

Bulanıklık ve aberasyon:

Bulanıklık arttıkça, yüksek uzaysal frekanslardaki kontrast duyarlık azalmaktadır. Kay ve Morrison fokus kaybının en yüksek kontrast duyarlık kaybını 3 devir/derecede, en hafif kayıpların ise düşük uzaysal frekanslarda olduğunu bildirmiştir (45). Özellikle kornea ve lense bağlı sferik aberasyon miktarı arttıkça kontrast sensitivitede azalma olur.

Pupil Büyüklüğü:

Normal genç erişkinlerde ortalama parlaklık seviyesi ile pupil büyüklüğünün değişmesi, retinal aydınlığın artışı ile optik aberasyonların azalışı arasındaki dengeyi gösterir. Bazı yayınlarda pupilin genişlemesiyle retinal aydınlanmanın da artacağı ve tüm frekanslarda kontrast duyarlığının artması gerektiği savunulmuştur.

Ancak, geniş pupil lensin optik aberasyonunu da artıracığından yüksek frekanstaki ayrımı azaltır.

Yaş:

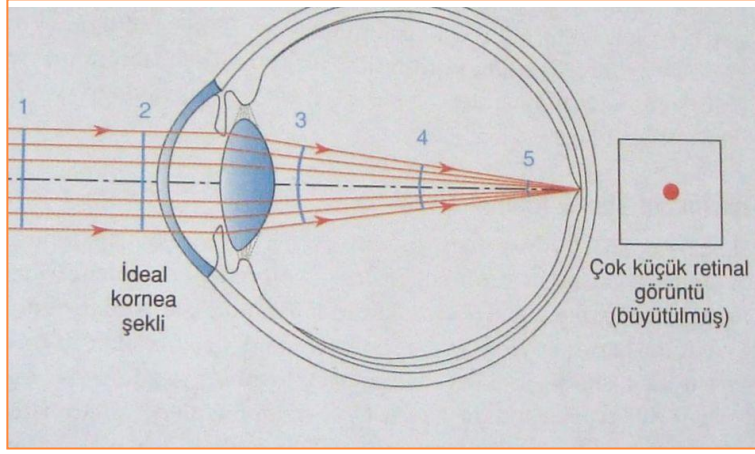
Düşük uzaysal frekanslarda genellikle değişmemekle birlikte, yaş arttıkça orta ve yüksek uzaysal frekanslarda kontrast duyarlık seviyesi azalmaktadır (48). Bu bulguyu görme keskinliği ve diğer göz muayenesi normal olan yaşlılarda görebiliriz.

WAVEFRONT (ÖNCÜ DALGA)

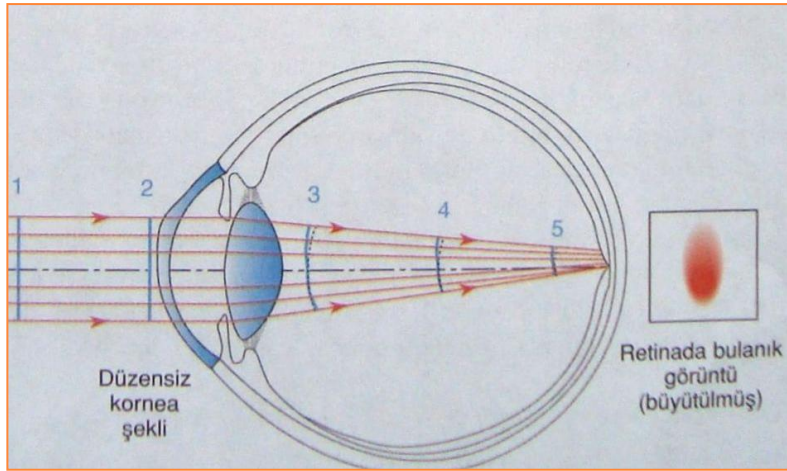
Homojen bir ortamda bir monokromatik ışık kaynağı her yöne sabit hızda yayılan öncü dalgalar üretir. Her hangi bir anda uzayda ışık kaynağından eşit uzaklıktaki noktalar aynı elektromanyetik değere sahiptir. Wavefront bu noktaların birleşimi sonucu oluşur ve ideal durumda sferiktir (49).

Düzlemsel (iki boyutlu) wavefront konveks veya konkav olmayan düz lenste kırılmaya uğrarsa lensin kırılma indeksine bağlı olarak yavaşlar. Frekans değişmediği için lens içinde dalga boyu azalır. Lensin düzlemi wavefront eğrisinin düzlemine paralel olduğu lensten çıkan öncü dalganın şekli değişmeden kalır. Lensin düzlemi o anki öncü dalganın düzlemine paralel değil ise wavefrontta deviasyon oluşur fakat şekil değişikliği meydana gelmez. Lensin eğri pozisyonundan dolayı dalganın bir bölümünün hızı yavaşlar; diğer bölümünün hızı değişmeden kalır. Bu durum tüm öncül dalganın pozisyon değiştirmesine yol açar (49).

Düzlemsel wavefront konveks lensten geçerken lensin merkezinden geçen ışınların optik yolu en büyüktür. İdeal konveks lensten geçen düz wavefront sferik şekil alır böylece öncü dalgaya dikey tüm ışık ışınları aynı noktada toplanır (Resim 1). Aberasyonu olan bir gözde ise lensten geçen ışınlar retina üzerinde aynı noktada odaklanamaz ve retinal imaj kalitesinde bozulma olur (Resim 2).



Resim 1. İdeal bir optik sistemde ışınlar retina üzerinde tek bir noktada odaklanır ve görüntü mükemmeldir (50).



Resim 2. Aberasyonu olan bir gözde ışınlar tek bir noktada odaklanamaz ve görüntü bulanıktır (50).

Bir ışık demetinde de çok sayıda ışık hüzmelerinin var olduğunu düşünebiliriz. Bu ışık hüzmeleri optik olarak problemsiz bir göze geldiğinde bu üç boyutlu yapı içinde koni şeklinde kırılarak retinada bir noktada odaklanır. Bu yolun tam tersini düşünürsek, retinadaki bir noktadan yansıyan ışığın aynı şekilde birbirine paralel olarak yayılması beklenir. Bu yansıyan ışınların her birinin bir

düzlem üzerinde birbirine eşit uzaklıkta ve netlikte görüntüsü oluşur ve elde edilen görüntülerin hepsine wavefront denir. Tüm noktalar birbirine eşit uzaklıkta ve netlikte ise bu haldeki görüntü ‘mükemmel wavefront’ olarak adlandırılır (51). Foveadan yansıyan ışığın lens ve korneadan geçerek dışa doğru yönleneceği emetrop, myop, hipermetrop veya düzensiz astigmatizma gibi kırılma kusurlarının wavefront analizinde kullanılabilir (51).

Kırılma kusuru olmayan bir gözün wavefrontu emetrop bir gözdeki gibi görme hattına dik olan düz bir plan olarak görülür. Myopik gözlerde kaseye benzer, yani periferik wavefront santral wavefronttan daha ileride, hipermetropik gözlerde tepe şeklinde olmasına karşın, düzensiz astigmatizma veya yüksek dereceli sapmaları olan gözlerde düzensiz şekillerde olacaktır.

OKÜLER ABERASYONLAR

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

Kromatik aberasyonlar:

Kromatik aberasyonlar gözün optik elemanlarının ışığı ayırıştırması sonucu oluşan kusurlardır. Bunun iyi bilinen örneği beyaz ışığı eşit açılardaki ışık demetlerine ayıran cam prizmadır. Her ortamın refraktif indeksi ışığın dalga boyuna göre değişiklik gösterdiğinden insan gözündeki kromatik aberasyonlar her dalga boyu için farklı odak noktasındadır. Kromatik aberasyonlar ideal imajdan hareket eden ışınların dağılımına karşılık gelir ve sadece polikromatik ışıkta görülür. Retinal imaj kontrastında düşme meydana gelir. Refraktif cerrahi teknikleri kromatik aberasyonları düzeltmez çünkü bu kusurlar oküler materyalin optik özellikleri ile ilişkilidirler ve göz komponentlerinin optik şeklinden bağımsızdırlar (52).

Monokromatik aberasyonlar:

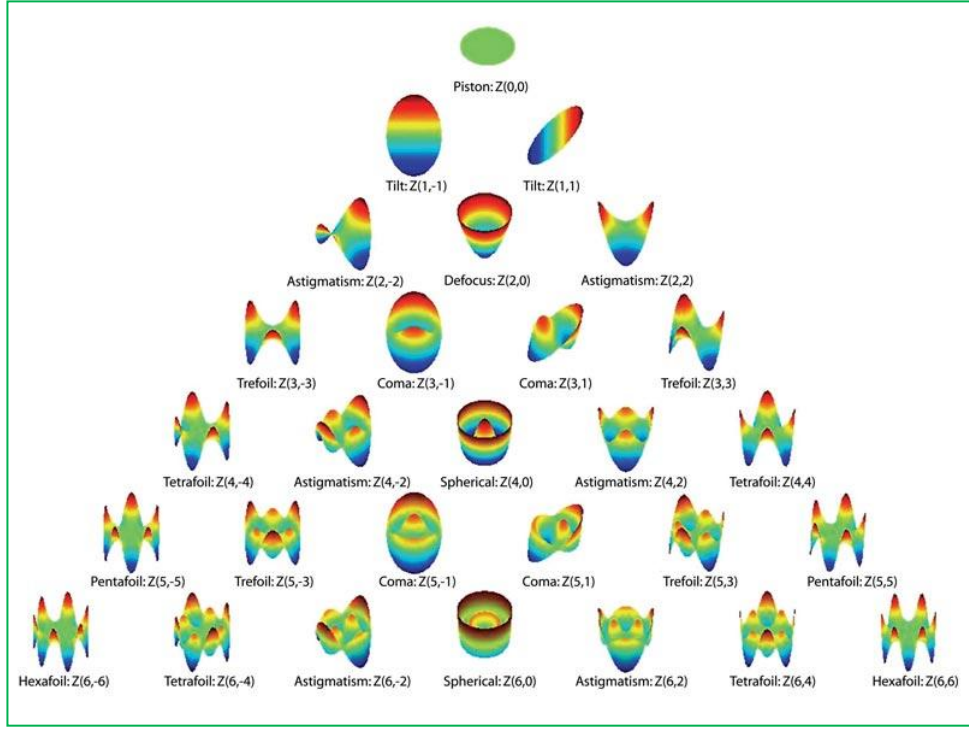
Monokromatik aberasyonlar spesifik dalga boyundaki görünür ışığı kapsar ve düşük sıralı aberasyonlar ve yüksek sıralı aberasyonlar olarak iki alt gruba ayrılır. Monokromatik aberasyonlar, kromatik aberasyonlar düzeltilmeksizin tek başına düzeltildiğinde bile görme kalitesinde iyileşme sağlanır (52).

Düşük sıralı aberasyonlar gözlük, kontakt lensler ve refraktif cerrahi ile düzeltilebilirler. Genellikle bu aberasyonlar ortalama wavefront kusurunun yaklaşık %85'ini oluştururlar. Koma, sferik aberasyonlar ve diğer yüksek sıralı aberasyonlar ortalama wavefront kusurunun yaklaşık %15'ine karşılık gelirler (52). Yüksek sıralı aberasyonlar yaşlanmayla birlikte kornea ve lens arasındaki dengenin bozulması (korneal hastalıklar veya katarakt gibi) sonucu belirginleşirler. Özellikle sferik aberasyon görme kalitesinde ve kontrast sensitivitede azalmaya neden olabilir. Yüksek sıralı aberasyonlar cam veya kontakt lenslerle düzeltilemezler.

Wavefrontun Zernicke polinomlarına ayrıştırılması:

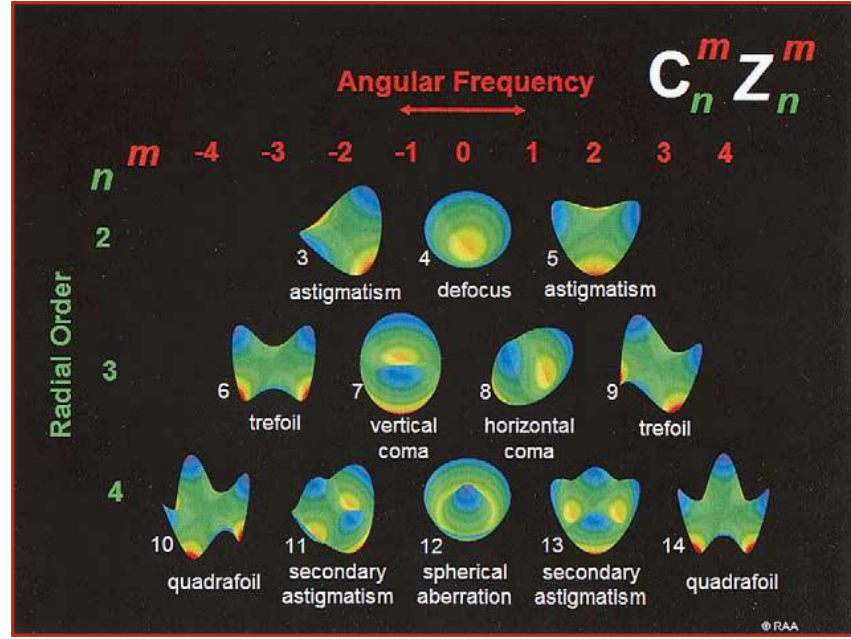
Bir optik sistemden kaynaklanan optik aberasyonları ayrıştırmak ve tanımlamak için Zernicke polinomları denen matematiksel bir açılım kullanılır. Zernicke polinomları Fourier ayrışımından köken alır. Fonksiyonların kompleks üslü sayıların toplamı olarak gösterilmesine Fourier serisi gösterimi denir. Fourier açılımı sayesinde fonksiyonların frekansı kolaylıkla belirlenebilir. Bu yaklaşım farklı periyotlarda girdiye maruz kalan sistemlerin çıktısını ve çıktısının frekansını belirlemede kolaylık sağlar.

Adaptif optikler alanında Zernicke polinomları özellikle wavefrontun ayrıştırılmasında kullanılır. Bu fonksiyonlar genellikle bir piramidi temsil ederler. Bu piramidin tepesinden tabanına doğru gidildikçe oküler aberasyonların derecesi artar (Resim 3). Her Zernicke fonksiyonu bir polinomun veya bir sinüs ve kosinüs fonksiyonunun ürünüdür (49).



Resim 3: Zernicke piramidi: Tabana doğru inildikçe aberasyonların derecesi artmaktadır (53).

Ayrıştırmanın esas amacı her polinom için katsayı değerinin ayrıca belirlenmesidir. Her Zernicke terimine verilen katsayı RMS (root mean square), öncü dalganın total standart deviasyona katılımına karşılık gelir (49). Burada total RMS wavefront kusuru, wavefront aberasyon haritasının Zernicke spektrumundaki katsayıların tek tek karelerinin toplamının kareköküne eşittir. Bu katsayılar tek tek radyal düzende 'n' sayısı ile belirtilerek listelenebilirler (Resim 4).



Resim 4. Zernicke polinomları iki numara ile sınıflandırılır. Birinci parametre n ile gösterilir ve polinomun radyal dağılımındaki sıralanmasını gösterir. Sıra sayısı büyüdükçe ana özellikler daha periferde doğru yer değiştirir. İkinci parametre m ile gösterilir ve polinomun rotasyonel simetrisini (açısal frekans) gösterir (49,54).

Düşük Sıralı Aberasyonlar:

Genellikle bu aberasyonlar ortalama wavefront kusurunun yaklaşık %85'ini oluştururlar. 0, 1 ve 2. sıra aberasyonlar düşük sıralı aberasyonlardır (52,55).

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

* $n= 1$ aberasyonlar (tilt): Kaymaya (shift) karşılık gelir. Tilt prizmatik bir kusurdur. İdeal wavefrontun şeklini bozmaz ancak orijinal pozisyonundan kaymasına neden olur. Oküler yapıların açılanmasındaki farklılıktan kaynaklanır.

Yani 1. sıra aberasyon imajın pozisyonunu etkilerken optik kalitesini değiştirmeyen prizmatik etkidir.

0 ve 1.düzev aberasyonlar genellikle fikse eden gözün monokromatik optik aberasyonları hesaplanırken göz ardı edilir. Bunun nedeni fikse eden gözdeki imaj kalitesini etkilememeleridir (49).

*n=2 aberasyonlar: Miyopi, hipermetropi ve regüler astigmatizma ikinci sıra düşük sıralı wavefront aberasyonlar olarak ifade edilebilir. Miyopinin yaptığı aberasyon optik mühendislerce pozitif defokus olarak adlandırılırken, hipermetropinininki negatif defokus olarak adlandırılır. Regüler (silindirik) astigmatizma ortogonal ve oblik komponentleri olan ikinci sıra wavefront aberasyonu oluşturur.

Yüksek Sıralı Aberasyonlar:

Zernicke açılımında 3. düzey ve daha yüksek aberasyonlar yüksek düzey aberasyonlar olarak adlandırılır (49,55). Genellikle bu aberasyonlar ortalama wavefront kusurunun yaklaşık % 85'ini oluştururlar. Pupil dilate edildiğinde artan wavefront aberasyonlardır.

*n=3 aberasyonlar: Koma ve trefoil 3. sıra aberasyonlardır. Koma refraktif cerrahi sonrası sık olarak görülen bir aberasyondur. Bu üçüncü düzey aberasyonda, pupillanın bir köşesindeki ışınlar bitiş çizgisini ilk olarak çaprazlarken, tam karşı köşedeki ışınlar en son olarak çaprazlar. Bunun etkisi her obje noktasının imajının vertikal ve horizontal komponentleri olan bir kuyruklu yıldız benzemesidir. Özellikle horizontal koma çift görme şikayeti ile ilişkili olabilir. Koma ameliyat sonrası dönemde GİL'in tilt ve desantralizasyonuna bağlı olarak gelişebilir. Trefoil refraktif cerrahiden sonra görülen bir diğer üçüncü düzey aberasyondur. Benzer RMS büyüklüğündeki komaya göre görüntü kalitesini daha az düşürür.

*n=4 aberasyonlar: Tetrafoil (quadrafoil), sekonder astigmatizm ve primer SA 4. sıra aberasyonlardır. SA'lar korneanın ön yüzeyi, lensin ön yüzeyi ve arka yüzeyinden kaynaklanır. 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 (56). İnsan gözünde sferik aberasyona neden olan iki ana kaynak kornea ve lenstir. Normal popülasyonda kornea pozitif SA'ya, lens ise negatif SA'ya sahiptir ve aralarında bir denge söz konusudur. Yaş arttıkça veya refraktif cerrahi sonrası bu denge bozulabilir. Bunun sonunda retinal imajda dağılma, bulanıklaşma ve cisimlerin etrafında halo benzeri görünüm ortaya çıkar (56).

*n=5 ve üzeri aberasyonlar: Radial katsayısına göre pentafoil ($C5^5$) hekzafoil ($C6^6$) gibi aberasyonların yanı sıra yüksek sıralı trefoil, koma, astigmatizm ve SA bu gruplar içerisinde yer alabilir ($C5^3$, $C5^1$, $C6^4$, $C6^2$, $C6^0$ vd.). Ancak bu gruptaki aberasyonlar nadirdir ve görme kalitesi üzerindeki etkileri azdır.

Koma, sferik aberasyon ve diğer yüksek sıralı aberasyonlar optik kaliteyi, kontrast sensitiviteyi ve fonksiyonel görmeyi belirgin olarak azaltan aberasyonlardır ve tedavi edilmeleri gerekir. Zernicke katsayısına bakılarak yapılan değerlendirmelerde görme keskinliği ve kalitesi üzerine etkili iki esas aberasyonun SA ve koma olduğu görülmüştür (52). Bu nedenle çalışmalarda genellikle GİL uygulaması sonrasında bu iki tip aberasyon üzerinde durulmuştur.

Wavefront ölçümü:

Wavefront analizi astronomların uzaktaki yıldızların fotoğraflarını daha net hale getirmek için kullandıkları işlemlerin göze uyarlanması sonucu geliştirilmiş bir teknolojidir. Bu teknolojiye astrofizikçiler galaksiden teleskopik lens sistemlerine giren yüksek aberasyonları ve wavefront distorsiyonlarını mükemmel hale getirmek için 'adaptif optikler' adında bir ayna sistemini kullanırlar (57).

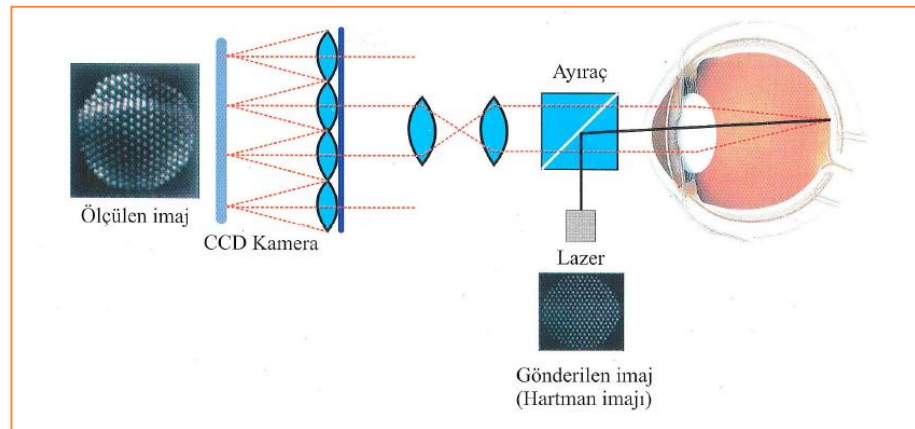
Wavefront ölçümler gözün önüne çeşitli yapay mercekler konarak yapılmaktadır. Bu ölçümlerin hepsine aberometri (wavefront analizi), ölçümleri yapan aletlere aberometre (wavefront analizörü) denir.

Aberometre çeşitleri:

- * Hartmann Shack prensibi (çıkan yansıma aberometresi)
- * Tscherning prensibi (retinal hayal aberometresi)
- * Retinal ışın izleyici (raytracing) teknik

Hartmann-Shack Aberometresi

Hartmann-Shack Aberometresi, "optik tersine çevrilebilirlik (optical reversibility)" ilkesini kullanır. Düşük yoğunluklu bir lazer ışını retinaya yönlendirilir ve bu, aberometre için cisim olarak kullanılır. Lazer noktasındaki (spot) ışık ışınları retinayı terk ederken birbirinden uzaklaşır, böylece gözün ön kısmına doğru yol alan dışbükey küresel wavefrontlar yaratır. İdeal bir gözde, lens ve kornea küresel wavefrontları düz wavefrontlara çevirir. Aberometredeki bir lens dizisi bu ışık ışınlarını, bir ışın algılayıcısına (CCD) odaklar. İdeal bir göz birbirinden eşit aralıklarla yerleşmiş ışık noktalarıyla Hartmann-Shack görüntüleri oluşturur (Resim 5, 6). Ölçümü yapılan wavefrontlar, gözden dışarı çıkarlar olduğu için bu, çıkan (outgoing) aberometri olarak kabul edilir (50).



Resim 5. Hartmann-Shack wavefront algılayıcısının şematik görünümü (51).

MATERYAL ve METOD

Fatih Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı kliniğinde Mayıs 2010-Şubat 2011 tarihleri arasında yaşları 45-80 arasında olan ve katarakt cerrahisi endikasyonu konulduktan sonra fakoemülsifikasyon yöntemi ile komplikasyonsuz katarakt ekstraksiyonu ve aynı seansta arka kamera GİL'i yerleştirilen 90 hastanın 120 gözü çalışma kapsamına alındı. Bu hastalar iki grupta incelendi.

İlk grupta 60 hastanın 60 gözü çalışmaya alındı. Bu grupta 29 kadın, 31 erkek hasta vardı. Bu gruptaki 30 hastaya fakoemülsifikasyon yöntemi ile komplikasyonsuz katarakt ekstraksiyonu sonrası, kapsül kesesi içine Alcon IQ SN60WF, 30 hastaya da yine aynı yöntemle kapsül kesesi içine Alcon SA60AT yerleştirildi.

İkinci grupta bilateral katarakt cerrahisi endikasyonu olan 21'i kadın, 9'u erkek 30 hastanın birer hafta arayla yapılan fakoemülsifikasyon yöntemi ile katarakt cerrahisi sonrası, bir gözlerine asferik Rayner 920H GİL'i, diğer gözlerine de sferik Rayner 620H GİL'i kapsül kesesi içine komplikasyonsuz olarak yerleştirildi. Rayner enjekte edilen her iki hasta grubu da birbirinden bağımsız olarak değerlendirildi.

Hasta seçimi

Diabetes mellitus, hipertansiyon, tiroit patolojileri vb. görme sistemini olumsuz etkileyecek sistemik hastalığı olanlar çalışmaya alınmadı. Korneal yüzey düzensizliği olanlar, irregüler korneal topografi bulgusu olanlar, 2.0 D'den yüksek

astigmatizması olanlar, yüksek myopi ya da hipermetropi ve ambliyopisi olanlar, retinal dejenerasyon bulgusu olanlar, glokomatöz veya diğer nedenlerle optik nöropatisi olanlar; özetle katarakt harici bir nedenle görme keskinliğinde azalma olan hastalar çalışmaya dahil edilmedi. Ayrıca komplikasyonsuz katarakt cerrahisi sonrası erken arka kapsül bulanıklığı (AKB) gelişimi, kistoid maküler ödem, operasyon sonrası görme keskinliğinde belirgin artış olmayan (0.6 ve altı) hastalar ve takiplere düzenli katılmayan hastalar çalışmadan çıkarıldı.

Ameliyat öncesi değerlendirme

Çalışma kapsamındaki 90 hastanın operasyon öncesi rutin kan tetkikleri ve dahili muayeneleri yapıldı. Hastaların ameliyat öncesi otorefraktometre, pnomotometre, yarıklı lamba biomikroskopi, dilate fundus muayenesi yapıldı. Otorefraktometre sonucuna göre duvara asılmış Snellen eşeli ile aydınlık ortamda 6 m mesafeden hastaların en iyi düzeltilmiş görme keskinliği tespit edilerek görme düzeyi 0.4 ve daha düşük olanlara katarakt cerrahisi önerildi. Otorefraktometre ile keratometriler alınıp A scan biometri cihazı ile aksiyel uzunluk, ön kamera derinliği ve SRK II regresyon formülü ile ameliyat sonrası istenen refraksiyon değeri emetrop olarak kabul edilerek GİL gücü hesaplandı. Her hastaya ameliyat öncesi Hartmann-Shack prensibiyle korneal topografi (Galilei, Ziemer, Port, İsviçre) yapılarak korneal wavefront haritaları çıkarılıp total RMS değerleri kaydedildi. Hazırlıklar dahilinde tüm hastalara onam formları imzalatıldı.

Cerrahi teknik

Ameliyat öncesi opere olacak göze pupilla dilatasyonu için %1'lik siklopentolat hidroklorür (Sikloplejin, Abdi İbrahim, İstanbul), % 2,5 fenilefrin hidroklorür (Mydfrin, Alcon, ABD), % 0.5'lik tropikamid (Tropamid, Bilim, İstanbul) damlatıldı. Tüm hastalara % 0.5'lik proparakain (Alcain, Alcon, ABD)

ile topikal anestezi sonrası % 10'luk Povidon İodin ile göz kapakları ve çevresi temizlendi. % 5'lik povidon İodin operasyondan 3-4 dakika önce göz içine damlatıldı. 2.8 mm'lik keratom bıçak kullanılarak sağ göz için üst temporal, sol göz için üst nazalden saydam korneadan yaklaşık 1,5 mm kadar korneal valv etkisi oluşturacak şekilde kornea içinde ilerleyerek ön kameraya girildi. Ön kameraya 0,1 ml kadar % 1'lik lidokain enjekte edildikten sonra saat 2 hizasından parasentez yapıldı. Ön kameraya viskoelastik madde enjekte edilerek kistotom ile ön kapsül açılarak yaklaşık 5,2-5,5 mm çapında devamlı, sirküler kapsülöreksis uygulandı. Hidrodiseksiyon ve hidrodelineasyon yapıldıktan sonra Fakoemülsifikasyon probu ile ön kameraya girildi. Fakoemülsifikasyon parametreleri nükleus sertlik derecesine göre ayarlanarak Quick chop yöntemiyle nükleus emülsifiye edildi. Otomatik irrigasyon/aspirasyon yapıldı ve kapsül kesesi viskoelastik ile doldurularak ilk gruptaki 30 göze Alcon IQ SN60WF ,30 göze Alcon SA60AT kapsül kesesi içine implante edildi (Tablo 1). İkinci grupta 30 göze asferik Rayner Süperflex 920H, 30 göze sferik Rayner Süperflex 620H kapsül kesesi içine özel enjektör sistemleri kullanılarak komplikasyonsuz şekilde enjekte edildi (Tablo 2). Sonrasında irrigasyon/aspirasyon yapılarak korneal giriş yerleri şişirildi ve ön kameraya 0.1 ml Moksifloksasin (Vigamox, Alcon, ABD) enjeksiyonu ile cerrahiye komplikasyonsuz son verildi.

Ameliyat sonrası bakım

Hastalar ameliyat sonrası 1. gün asetozalamid tablet (Diazomid, Sanofi Aventis, İstanbul) 1x1, ameliyat sonrası 1 hafta boyunca Moksifloksasin damla (Vigamox, Alcon, ABD) 4x1 ve 1 ay süreyle Dexametazon damla (Maxidex, Alcon, Belçika)) 4x1 ve propanofen damla (Oftalar, Alcon, ABD) 4x1 kullandı. Tüm hastalar ameliyat sonrası 1.gün, 1.hafta ve 1.ayda değerlendirildi.

Ameliyat sonrası değerlendirme

Ameliyat sonrası dönemde 1.hafta ve 1.ay kontrollerinde tüm hastalara otorefraktometre, pnomotometre, yarıklı lamba biomikroskopi ve fundus muayenesi yapıldı. Otorefraktometre sonucuna göre duvara asılmış Snellen eşeli ile aydınlık ortamda hastaların en iyi düzeltilmiş görme keskinliği tespit edildi. Aynı zamanda Hemalton Veale kontrast duyarlılık kartı (Pelli Robson kartı ile

benzerlik gösteren, tek boyutlu ve frekanslı harf ortotipi olan bir karttır, Resim 7) kullanılarak standart şekilde aydınlatılmış muayene odasında hastanın optimum görme koşulları sağlandıktan sonra 1 metre mesafeden tek tek gözler kapatılarak kontrast sensitivite ölçümleri her göz için ayrı ayrı kaydedildi. Tüm görme testleri aynı göz hekimi tarafından yapıldı. Ameliyat sonrası 1.ayda tüm hastalardan korneal topografi (Galilei, Ziemer, Port, İsviçre) alınarak korneal wavefront haritaları çıkarıldı ve ameliyat sonrası total RMS değerleri kaydedildi. Ayrıca bilateral katarakt cerrahisi olan 30 hastanın 60 gözünün (Rayner grubu) 1.ay kontrolünde her iki gözlerine de mezopik (1 mum/m²) şartlarda, midriazis yapılmadan, fizyolojik pupil sahasında Hartmann-Shack prensibiyle total wavefront ölçümleri (Schwind, Eyetechnologies, Kleinostham, Almanya) yapılarak tüm hastalarda SA , koma ve diğer yüksek sıralı aberasyon değerleri kaydedildi.



Resim 7. Çalışmamızda kullanılan Hemalton Veale kontrast duyarlılık kartı.

İstatistiksel Analizler

Hastalardan elde edilen sürekli değişkenlerin (ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası total RMS, görme keskinliği, total yüksek sıralı aberasyon vb) normal dağılıma uygunlukları grafiksel olarak ve Shapiro-Wilk testi ile incelendi. Tanımlayıcı istatistiklerin gösteriminde sayı ve % ile birlikte normal dağılıma bağlı olarak ortalama±standart sapma ya da ortanca (çeyreklikler arası genişlik – Interquartile Range- IQR) değerleri kullanıldı. Kategorik değişkenler arasındaki ilişkiyi araştırmak amacı ile Ki-Kare (Chi-Square, χ^2) testi uygulandı. İki grup karşılaştırmalarında (sferik–asferik, sağ–sol göz gibi) normal dağılıma bağlı olarak bağımsız iki örneklem t testi (students' t test) ya da non-parametrik karşılağı olan Mann-Whitney testine başvuruldu. Tüm istatistiksel analiz ve hesaplamalar MS-Excel 2003 ve SPSS for win. Ver. 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) paket programları kullanıldı. Karşılaştırma işlemlerinde $p \leq 0.05$ seviyesi anlamlı farklılığın göstergesi olarak kabul edildi.

Çalışmamızda kullandığımız GİL'ler

Aksiyel uzunluk A-Scan biometri cihazı ile tespit edildi ve GİL gücü ameliyat sonrası emetrop olacak şekilde SRK II formülü ile oluşturuldu. Kullanılan GİL ölçümleri 19.0-24.5 D arasında kaydedildi.

Alcon Acrysof SA60AT ve Alcon Acrysof IQ SN60WF

Her ikisi de hidrofobik akrilat metaakrilat materyalinden üretilmişlerdir. Haptikleri L şeklindedir ve haptik esnekliği kapsüler kese kırışımını en aza indirir. Her ikisinin de anterior bikonveks yapısı yüzey parlamalarını engeller ve lensin katlanmasını kolaylaştırır.

Acrysof SA60AT her iki yüzeyde sferik özellik gösterirken, Acrysof IQ ön yüzeyde sferik, arka yüzeyde asferiktir. Ayrıca bu lens negatif sferik aberasyon etkisi gösteren hiperasferik bir lenstir ve yine SA60AT'den farklı olarak Acrysof IQ mavi ışığı filtre eden, sarı renkte bir lenstir (Resim 8 ve 9).



Resim 8. Alcon Acrysof IQ SN60WF.



Resim 9. Alcon Acrysof SA60AT.

Çalışmamızda kullanılan Alcon GİL'lerinin optik özellikleri tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Çalışmamızda kullanılan Alcon GİL'lerinin optik özellikleri

	Alcon Acrysof SA60AT	Alcon Acrysof IQ SN60WF
Özellikler	Katlanabilir Hidrofobik akrilik	Katlanabilir Hidrofobik akrilik
Materyal	Akrilik optik	Akrilik optik Mavi ışık filtreli
Optik boyu (mm)	6.0	6.0
Uzunluk	13.0	13.0
Optik tipi	Bikonveks Her iki yüzey sferik	Bikonveks Ön yüzey sferik, arka yüzey asferik
Açı	0	0
Diyoptri aralığı	6-34	6-34
A sabiti	118.4	118.7
Refraktif indeks	1.55	1.55
Enjektör sistemi	Monarch II	Monarch II

Sferik Rayner Superflex® 620H

Hidrofilik akrilik materyalden yapılmış tek parça lenstir. Yüksek biyo uyumluluğu, düşük AKB etkisi, düşük silikon yağı yapışma özelliği ve kusursuz santralizasyon ve göz içinde stabilizasyon sağlayan bir lenstir. Her iki yüzeyinde de sferik dizayna sahiptir.

Tek kullanımlık plastik enjektör sistemi ile 2.8 mm'lik kesiden göz içine kolayca implante edilebilmektedir (Resim 10).



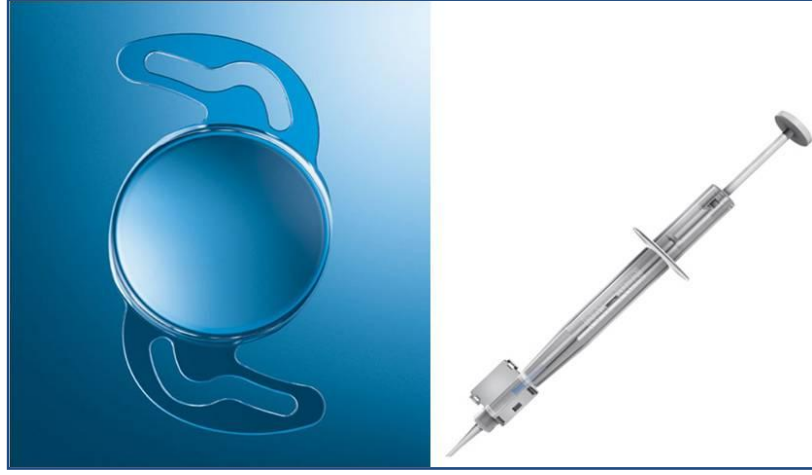
Resim 10: Rayner Superflex ® 620H sferik GİL'i ve enjektör sistemi

Asferik Rayner Superflex ® 920H

Hidrofilik akrilik materyalden yapılmış tek parça lenstir. Correcting lensler olarak bilinen hiperasferik lensler korneal pozitif sferik aberasyonu azaltmak için negatif asferik yüzeye sahiplerdir. Rayner Superflex ® 920 asferik GİL'i ise anterior yüzeyinde asferik dizayna sahip olan nötral özellikte bir lenstir. Yüksek biyo uyumluluğu ,düşük AKB etkisi, düşük silikon yağı yapışma özelliği ve

kusursuz santralizasyon ve göz içinde stabilizasyon sağlayan özellikleri ile de sferik partnerinin pozitif özelliklerine sahiptir.

Tek kullanımlık plastik enjektör sistemi ile 2.8 mm'lik kesiden göz içine kolayca implante edilebilmektedir (Resim 11).



Resim 11: Rayner Superflex ® 920H asferik GİL'i ve enjektör sistemi

Çalışmamızda kullanılan Rayner GİL'inin sferik ve asferik dizaynlarının optik özellikleri tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan Rayner GİL'inin sferik ve asferik dizaynlarının optik özellikleri

	Asferik Rayner Superflex® 920H	Sferik Rayner Superflex® 620H
Özellikler	Katlanabilir Hidrofilik akrilik	Katlanabilir Hidrofilik akrilik
Materyal	Hidroksietilmetakrilat metilmetakrilat	Hidroksietilmetakrilat Metilmetakrilat
Optik boyu (mm)	6.25	6.25
Uzunluk	12.5	12.5
Optik tipi	Bikonveks	Bikonveks
Açı	29	29
Diyoptri aralığı	-10.0'dan -1.0'e, Plano, +1.0' den +25.0'e 0.50 D aralıklarla	-10.0'dan -1.0'e, +1.0'den +22.0'e 0.50 D aralıklarla
A sabiti	118.0	118.0
Refraktif indeks	1.46	1.46
Enjektör sistemi	Tek kullanımlık yumuşak uçlu enjektör.	Tek kullanımlık yumuşak uçlu enjektör.

BULGULAR

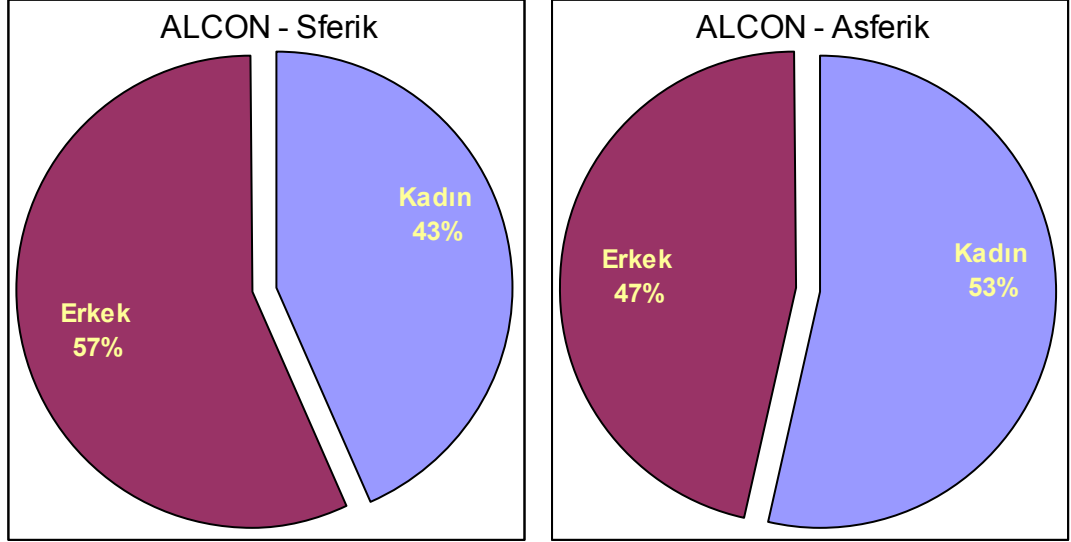
Çalışma toplam 90 hasta üzerinde yürütülmüştür. 60 hastanın 60 gözüne Alcon sferik ve asferik dizayna sahip GİL'leri implante edilmiştir. 30 hastaya bilateral katarakt cerrahisi sonrası hastaların bir gözlerine asferik Rayner ve diğer gözlerine de sferik Rayner GİL'i implante edilmiştir. Uygulama türüne göre hasta cinsiyetlerinin dağılımı Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Alcon ve Rayner GİL'i gruplarında hasta cinsiyetleri

GRUP	LENS	CİNSİYET				Toplam*	
		Kadın		Erkek		N	%
		n	%	n	%		
ALCON	Sferik	13	44.80	17	54.8	30	50.0
	Asferik	16	55.20	14	45.2	30	50.0
	Toplam*	29	100.00	31	100.0	60	100.0
RAYNER	Sferik	21	50.00	9	50.0	30	50.0
	Asferik	21	50.00	9	50.0	30	50.0
	Toplam*	42	100.00	18	100.0	60	100.0

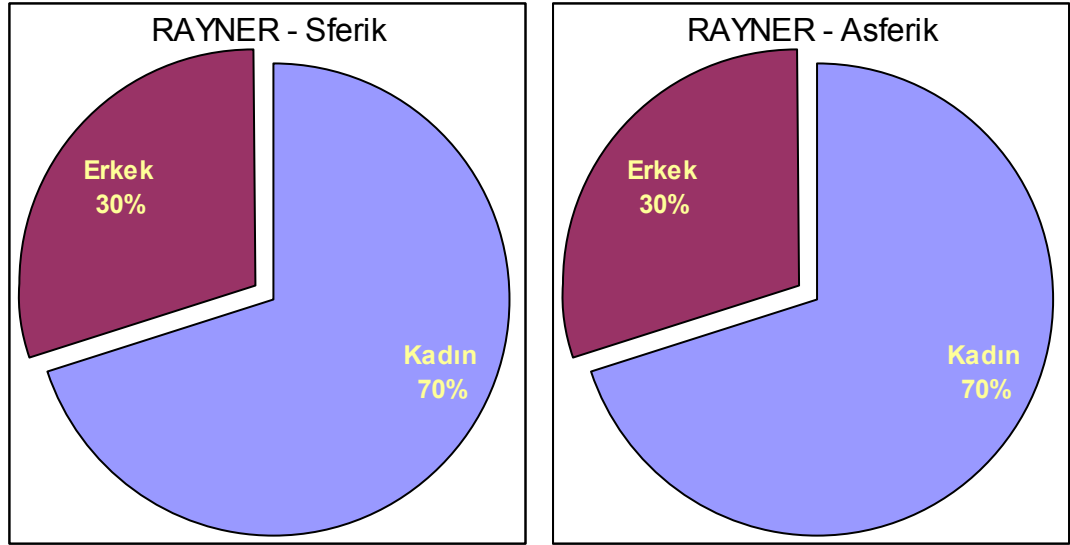
*: Toplam Alcon grubu için kişi sayısını, Rayner grubu için ise göz sayısını ifade etmektedir.

Tablo 3'e göre; Alcon grubunda kadın ve erkeklerin sferik ve asferik lens uygulamalarına dağılımları istatistiksel olarak farksızdır ($\chi^2=0.601$; $p=0.438$) (Grafik 1).



Grafik 1. ALCON uygulamasında sferik ve asferik lenslere göre cinsiyet dağılımı.

Rayner grubunda da kadın ve erkeklerin sferik ve asferik lens uygulamalarına dağılımları istatistiksel olarak farksızdır ($\chi^2=0.000$; $p=1.000$). Hastalar Alcon ve Rayner gruplarında sferik ve asferik lens uygulanan hastaların cinsiyet dağılımları benzerdi (Grafik 2).



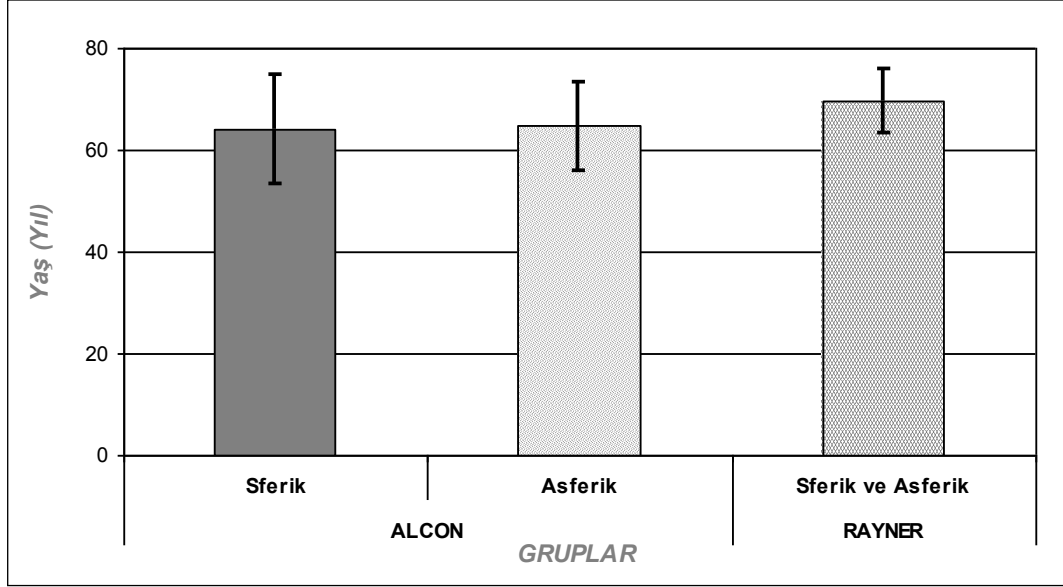
Grafik 2. Rayner uygulamasında sferik ve asferik lenslere göre cinsiyet dağılımı.

Alcon grubundaki hastaların yaşları 44-81 yıl arasında değişmektedir. Sferik lens uygulanan hastaların yaş ortalamaları 64.13 ± 10.64 yıl iken asferik lens uygulanan hastaların yaş ortalaması 64.70 ± 8.79 yıl olarak belirlenmiştir. Alcon grubundaki hastaların sferik ve asferik lens gruplarına ayrılmasında yaşları istatistiksel olarak benzer olacak biçimde dengeli dağıtım yapılmıştır ($t=0.225$; $p=0.823$), (Tablo 4, Grafik 3).

Rayner grubundaki hastaların yaşları 56–85 yıl arasında değişmektedir. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulaması bir hastanın iki gözü de kullanılarak yapıldığından hastaların yaşları dikkate alınarak lens uygulamalarına dağıtılmasına gerek kalmamıştır (Tablo 4, Grafik 3).

Tablo 4. ALCON ve RAYNER gruplarında hasta yaşlarının dağılımı.

Grup	Lens	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	Test İstatistiği	P
ALCON	Sferik	44	80	64.13	10.64	$t=0.225$	0.823
	Asferik	45	81	64.70	8.79		
RAYNER	Sferik ve Asferik	56	85	69.60	6.26	N/A	N/A



Grafik 3. Hasta yaşlarının gruplara göre ortalaması (Standart sapma çubukları ile birlikte).

Alcon grubundaki hastaların uygulama öncesi korneal wavefront RMS değerleri 0.520–2.220 μm arasında değişmektedir. Sferik lens uygulanan hastaların korneal RMS ortancası 0.820 μm (IQR=0.613) iken asferik lens uygulanan hastaların RMS ortancası 0.830 μm (IQR=0.313) olarak belirlenmiştir. Alcon grubundaki sferik ve asferik lens uygulaması yapılan hastaların uygulama öncesi RMS değerleri istatistiksel olarak benzer şekilde dağılım göstermiştir ($Z=0.126$; $p=0.900$), (Tablo 6). Ayrıca Alcon grubundan ameliyat sonrası olarak alınan korneal wavefront RMS değerleri 0.520-2.250 μm arasında değişmekteydi ve sferik lens uygulanan hastaların ameliyat sonrası korneal RMS ortancası 0.826 μm (IQR=0.621) iken asferik lens uygulanan hastaların ameliyat sonrası korneal RMS ortancası 0.832 μm (IQR=0.319) olarak belirlendi. Ayrıca sferik ve asferik gruplar arasında ameliyat sonrası korneal wavefront RMS değerleri istatistiksel olarak benzerdi ($Z=0.128$ $p=0.780$). Ayrıca sferik ve asferik gruplar arasında ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası korneal RMS değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0.710$).

Tablo 5. Alcon ve Rayner gruplarında sağ ve sol gözlere göre hastaların RMS değerleri ortancaları.

Grup	Lens	Göz	n	En Düşük	En Yüksek	Ortanca	IQR	Z	P
ALCON	Sferik	Sağ	12	0.560	1.710	0.820	0.620	0.593	0.573
		Sol	18	0.580	2.220	0.820	0.563		
	Asferik	Sağ	15	0.520	1.580	0.840	0.340	0.187	0.870
		Sol	15	0.560	1.340	0.810	0.300		
RAYNER	Sferik	Sağ	15	0.540	1.780	0.850	0.390	0.684	0.512
		Sol	15	0.510	1.930	0.920	0.430		
	Asferik	Sağ	15	0.370	1.770	0.900	0.600	0.602	0.567
		Sol	15	0.540	2.070	1.010	0.730		

Rayner grubundaki hastaların uygulama öncesi korneal wavefront RMS değerleri 0.370 ile 2.070 arasında değişmektedir. Sferik lens uygulanan hastaların RMS ortancası 0.895 μm (IQR=0.435) iken asferik lens uygulanan hastaların RMS ortancası 0.955 μm (IQR=0.688) olarak belirlenmiştir. Rayner grubundaki sferik ve asferik lens uygulaması yapılan hastaların uygulama öncesi RMS değerleri istatistiksel olarak benzer şekilde dağılım göstermiştir (Z=0.414; p=0.679) (Tablo 6). Ayrıca Rayner grubundan ameliyat sonrası olarak alınan korneal wavefront RMS değerleri 0.390-2.020 arasında değişmekteydi. Sferik lens uygulanan hastaların ameliyat sonrası korneal RMS ortancası 0.899 μm (IQR=0.440) ve asferik lens uygulanan hastaların ameliyat sonrası korneal RMS ortancası 0.952 μm (IQR=0.684) olarak belirlendi. Ayrıca sferik ve asferik gruplar arasında ameliyat sonrası korneal wavefront RMS değerleri istatistiksel olarak benzerdi (Z=0.421 p=0.721) (Tablo 7). Sferik ve asferik gruplar arasında ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası korneal RMS değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu (p=0.717).

Tablo 6. Alcon ve Rayner gruplarında hastaların ameliyat öncesi korneal wavefront RMS değerleri ortancaları

Grup	Lens	En Düşük	En Yüksek	Ortanca	IQR	Z	P
ALCON	Sferik	0.563	2.230	0.820	0.613	0.126	0.900
	Asferik	0.531	1.680	0.830	0.313		
RAYNER	Sferik	0.510	1.930	0.895	0.435	0.414	0.679
	Asferik	0.370	2.070	0.955	0.688		

Tablo 7. Alcon ve Rayner gruplarında hastaların ameliyat sonrası korneal wavefront RMS değerleri ortancaları

Grup	Lens	En Düşük	En Yüksek	Ortanca	IQR	Z	P
ALCON	Sferik	0.560	2.250	0.826	0.621	0.128	0.780
	Asferik	0.520	1.580	0.832	0.319		
RAYNER	Sferik	0.514	1.940	0.899	0.440	0.421	0.721
	Asferik	0.390	2.020	0.952	0.684		

Alcon ve Rayner gruplarında sferik ve asferik lens uygulamalarında sağ ve sol gözler arasında da uygulama öncesi korneal RMS değerleri ortancaları arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0.05$), (Tablo 5). Hastalar sferik ve asferik lens uygulamalarına uygulama yapılacak gözlerin sağ ya da sol olmasının RMS değerlerine etkisi olmayacak biçimde dengeli dağıtılmıştır.

Çalışma başlangıcında tedavi üzerinde etkili olabilecek yaş ve korneal wavefront RMS değerlerinin uygulama gruplarına dengeli dağıtıldığı (tüm grupların benzer olduğu) ispatlandıktan sonra Alcon ve Rayner gruplarında uygulamanın etkinliği ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

ALCON GRUBU

Görme keskinliği:

Alcon grubunda sferik lens uygulaması sonrasında görme keskinliği en düşük %70.0, en yüksek % 100.0 iken ortanca görme keskinliği % 100.0 (IQR=%20.0) olarak belirlendi. Asferik lens uygulaması sonrasında görme keskinliği %80.0 ile %100.0 arasında değişmektedir. Ortanca görme keskinliği % 100.0 (IQR=% 10.0) olarak hesaplanmıştır. Alcon grubunda sferik ve asferik lens uygulaması sonrasında elde edilen görme keskinliği ortancaları istatistiksel olarak farksızdır ($Z=1.524$; $p=0.128$), (Tablo 8).

Tablo 8. Alcon grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası görme keskinliği oranları (%).

Lens	En düşük	En yüksek	Ortanca	IQR	Z	P
Sferik	70.0	100.0	100.0	20.0	1.524	0.128
Asferik	80.0	100.0	100.0	10.0		

Sağ gözde sferik lens uygulaması sonrasında görme keskinliği %70.0 ile %100.0 arasında değişmekteydi. Sağ göz için görme keskinliği ortancası %95.0 (IQR=%17.5) olarak belirlendi. Sol gözde de sferik lens uygulaması sonrasında görme keskinliğinin %70.0-%100.0 aralığında değiştiği belirlendi. Ortanca görme keskinliği sol göz için %100.0 (IQR=%20.0) olarak hesaplandı. Sferik lens uygulaması sonrası sağ ve sol göz arasında görme keskinliği oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur ($Z=0.166$; $p=0.884$). Sferik lens uygulaması sağ ve sol gözde görme keskinliği oranı üzerinde benzer etkilere sahiptir.

Asferik lens uygulama sonrasında sağ gözde görme keskinliği oranı %80.0 ile %100.0 arasında değişmekteydi. Ortanca görme keskinliği sağ göz için % 100.0

(IQR=%10.0) olarak hesaplandı. Sol göz görme keskinliği oranı %90.0 – %100.0, ortancası ise %100.0 (IQR=%10.0) olarak bulundu. Asferik lens uygulaması sonrasında sağ ve sol gözün görme keskinliği oranı istatistiksel olarak da benzerdir (Z=0.126; p=0.935).

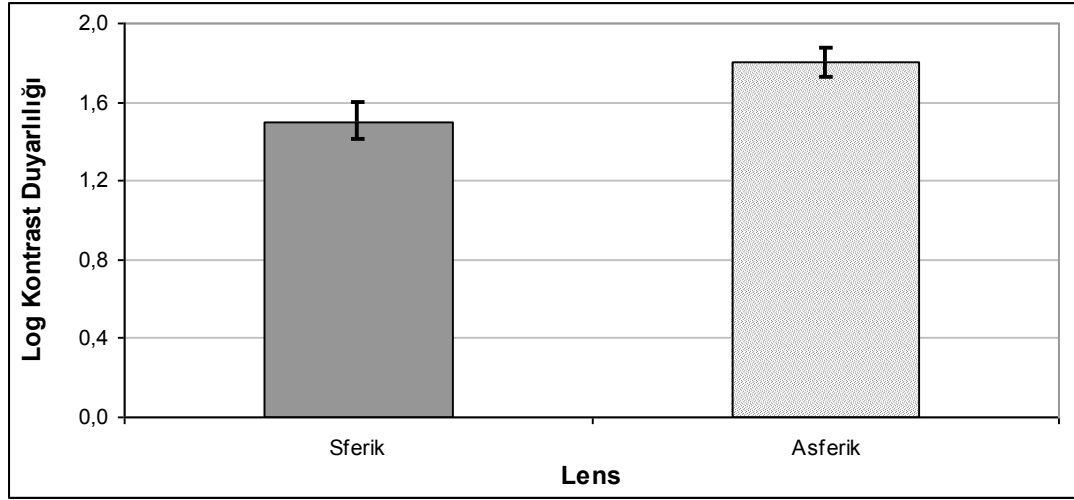
Kontrast Duyarlılık:

Sferik lens uygulanan hastalarda log kontrast duyarlılığı 1.350 – 1.800 aralığında değişmektedir. Ortanca log kontrast duyarlılığı 1.500 (IQR=0.188) olarak hesaplanmıştır. Asferik lens uygulanan grupta da log kontrast duyarlılığı 1.350 – 1.800 aralığında değişirken ortanca log kontrast duyarlılığı 1.800 (IQR=0.150) olarak belirlenmiştir. Asferik lens uygulanan grubun log kontrast duyarlılık ortancası sferik lens uygulanan gruptan istatistiksel olarak da anlamlı miktarda daha yüksektir (Z=3.801; p<0.001), (Grafik 4, Tablo 9).

Tablo 9. Alcon grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası log kontrast duyarlılık değerleri.

Lens	En düşük	En yüksek	Ortanca	IQR	Z	P
Sferik	1.350	1.800	1.500	0.188	3.801	<0.001
Asferik	1.350	1.800	1.800	0.150		

Ancak sferik ya da asferik lens uygulaması yapılan gözün log kontrast duyarlılığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi yoktur (p>0.05).



Grafik 4. Alcon grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası log kontrast duyarlılık ortancaları (IQR/2 sapma çubukları ile).

RAYNER GRUBU

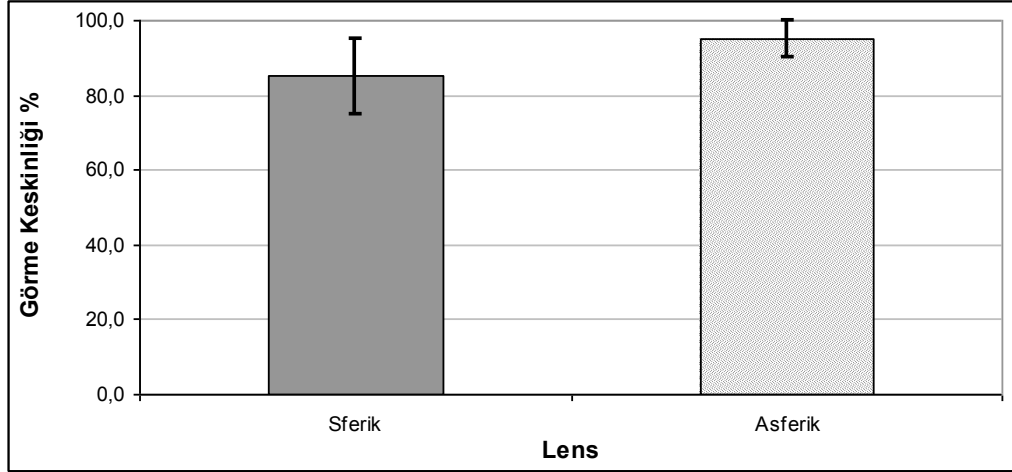
Görme Keskinliği:

Rayner grubunda sferik lens uygulaması sonrasında görme keskinliği en düşük %70.0, en yüksek %100.0 iken ortanca görme keskinliği %85.0 (IQR=%20.0) olarak belirlendi. Asferik lens uygulaması sonrasında görme keskinliği %80.0 ile %100.0 arasında değişmektedir. Ortanca görme keskinliği %95.0 (IQR=%10.0) olarak hesaplanmıştır (Tablo 10). Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulaması sonrasında elde edilen görme keskinliği ortancaları istatistiksel olarak farklıdır ($Z=2.801$; $p=0.005$). Asferik lens uygulanan grubun görme keskinliği oranı sferik lens uygulanan grubun görme keskinliği oranından daha yüksektir (Grafik 5).

Tablo 10. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası görme keskinliği oranları (%).

Lens	En düşük	En yüksek	Ortanca	IQR	Z	P
Sferik	70.0	100.0	85.0	20.0	2.801	0.005
Asferik	80.0	100.0	95.0	10.0		

Sağ gözde sferik lens uygulaması sonrasında görme keskinliği %70.0 ile %100.0 arasında değişmekteydi. Sağ göz için görme keskinliği ortancası %80.0 (IQR=%10.0) olarak belirlendi. Sol gözde de sferik lens uygulaması sonrasında görme keskinliğinin %70.0-%100.0 aralığında değiştiği belirlendi. Ortanca görme keskinliği sol göz için %90.0 (IQR=%20.0) olarak hesaplandı. Sferik lens uygulaması sonrası sağ ve sol göz arasında görme keskinliği oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur ($Z=0.698$; $p=0.512$).



Grafik 5. Rayner grubunda görme keskinliği ortancaları (IQR/2 sapma çubukları ile birlikte).

Asferik lens uygulama sonrasında sağ gözde görme keskinliği oranı %80.0 ile %100.0 arasında değişmekteydi. Ortanca görme keskinliği sağ göz için % 100.0 (IQR=%10.0) olarak hesaplandı. Sol göz görme keskinliği oranı %80.0 – %100.0, ortancası ise %90.0 (IQR=%10.0) olarak bulundu. Asferik lens uygulaması sonrasında sağ ve sol gözün görme keskinliği oranı istatistiksel olarak da benzerdir ($Z=0.046$; $p=0.967$).

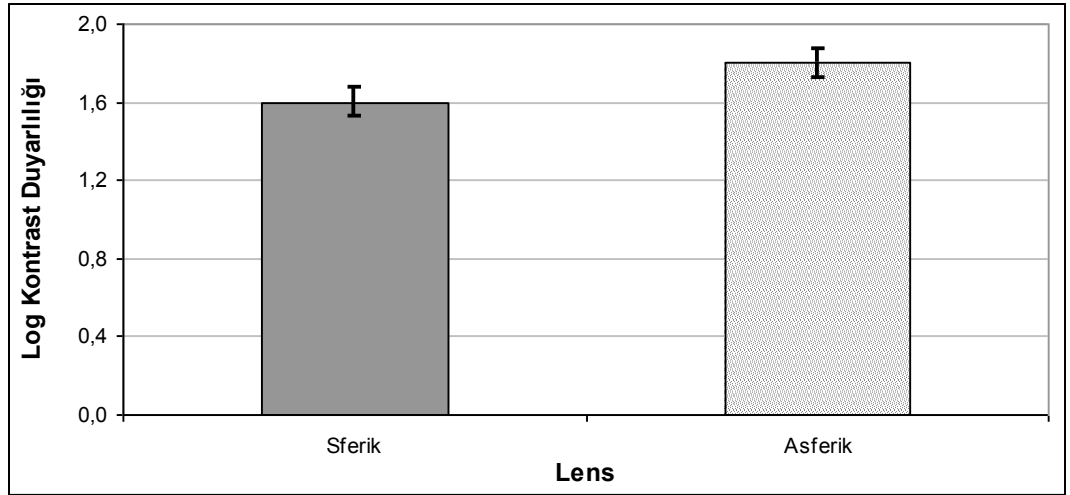
Kontrast Duyarlılık:

Sferik lens uygulanan hastalarda log kontrast duyarlılığı 1.350 – 1.800 aralığında değişmektedir. Ortanca log kontrast duyarlılığı 1.650 (IQR=0.150) olarak hesaplanmıştır. Asferik lens uygulanan grupta da log kontrast duyarlılığı 1.350 – 1.800 aralığında değişirken ortanca log kontrast duyarlılığı 1.800

(IQR=0.150) olarak belirlenmiştir. Asferik lens uygulanan grubun log kontrast duyarlılık ortancası sferik lens uygulanan gruptan istatistiksel olarak da anlamlı miktarda daha yüksektir ($Z=3.979$; $p<0.001$), (Grafik 6, Tablo 11). Ancak sferik ya da asferik lens uygulaması yapılan gözün log kontrast duyarlılığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi yoktur ($p>0.05$).

Tablo 11. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası log kontrast duyarlılık değerleri.

Lens	En düşük	En yüksek	Ortanca	IQR	Z	P
Sferik	1.350	1.800	1.650	0.150	3.979	<0.001
Asferik	1.350	1.800	1.800	0.150		



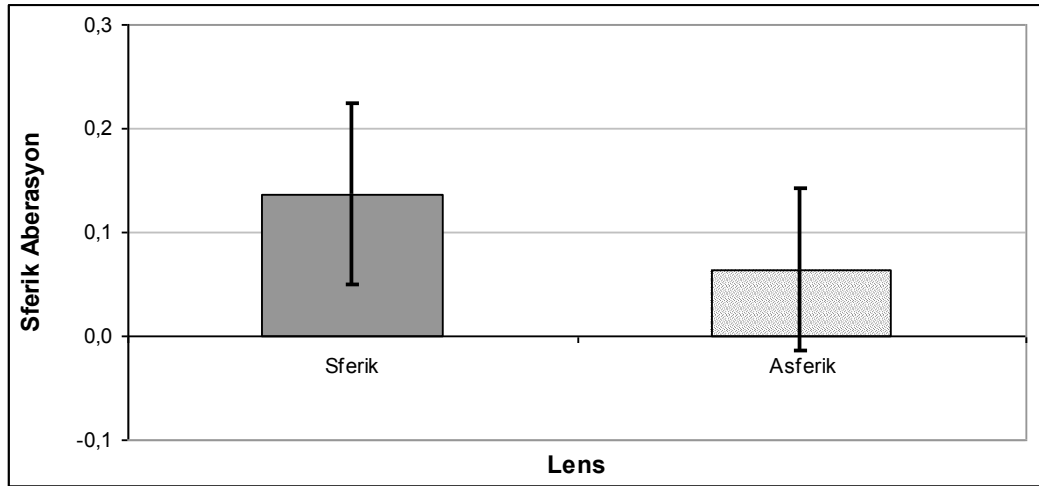
Grafik 6. Rayner grubunda Sferik ve Asferik lens uygulama sonrası log kontrast duyarlılık ortancaları (IQR/2 sapma çubukları ile)

Sferik Aberasyon (SA):

Rayner grubunda sferik lens uygulanan hastaların SA değeri en düşük $-0.067\mu\text{m}$ iken en yüksek $0.319\mu\text{m}$ olarak belirlendi. Ortalama SA değeri ise $0.136\pm 0.087\mu\text{m}$ olarak hesaplandı. SA değerleri asferik lens uygulanan grupta sırası ile -0.067 , 0.294 ve $0.069\pm 0.078\mu\text{m}$ olarak belirlendi. Sferik ve asferik lens uygulanan gruplar arasında SA açısından istatistiksel olarak da anlamlı farklılık vardır ($t=3.128$; $p=0.003$) (Tablo 12). Sferik lens uygulanan hastaların sferik aberasyon ortalaması asferik lens uygulanan hastalara göre daha yüksektir (Grafik 7). Ancak sferik ya da asferik lens uygulaması yapılan gözün sferik aberasyon üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi yoktur ($p>0.05$).

Tablo 12. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası SA değerleri.

Lens	En düşük	En yüksek	Ortalama	Std.Sapma	T	P
Sferik	-0.067	0.319	0.136	0.087	3.128	0.003
Asferik	-0.067	0.294	0.069	0.078		



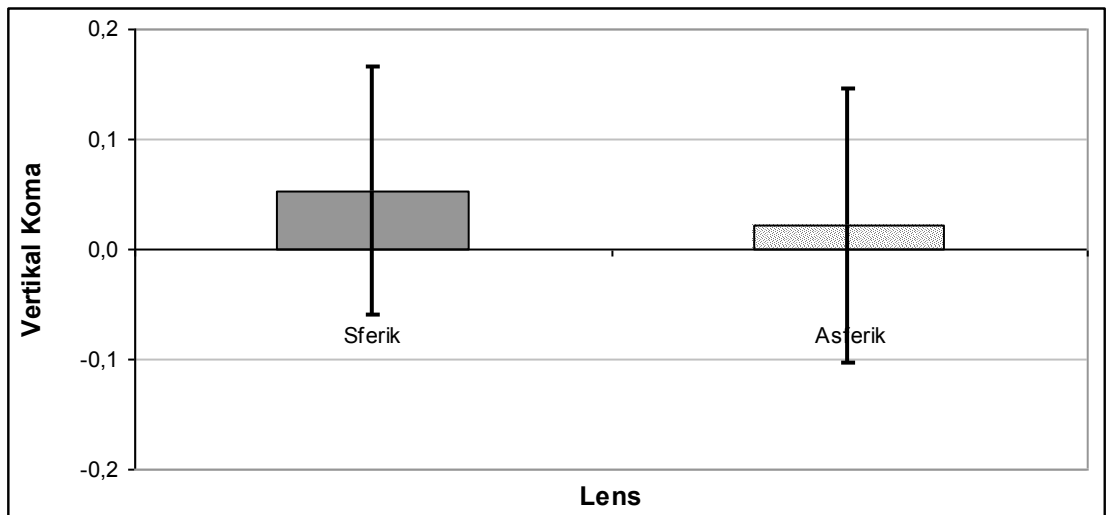
Grafik 7. Rayner grubunda Sferik ve Asferik lens uygulama sonrası sferik Aberasyon ortalamaları (standart sapma çubukları ile).

Vertikal Koma:

Rayner grubunda sferik lens uygulanan hastaların vertikal koma değeri en düşük $-0.192 \mu\text{m}$ iken en yüksek $0.381 \mu\text{m}$ olarak belirlendi. Ortalama vertikal koma değeri ise $0.053 \pm 0.113 \mu\text{m}$ olarak hesaplandı. Vertikal koma değerleri asferik lens uygulanan grupta sırası ile -0.308 , 0.253 ve $0.021 \pm 0.125 \mu\text{m}$ olarak belirlendi. Sferik ve asferik lens uygulanan gruplar arasında vertikal koma açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur ($t=1.025$; $p=0.310$) (Tablo 13, Grafik 8). Benzer şekilde sferik ya da asferik lens uygulaması yapılan gözün vertikal koma üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi yoktur ($p>0.05$).

Tablo 13. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası vertikal koma değerleri.

Lens	En düşük	En yüksek	Orta	Std.Sapma	T	P
Sferik	-0.192	0.381	0.053	0.113	1.025	0.310
Asferik	-0.308	0.253	0.021	0.125		



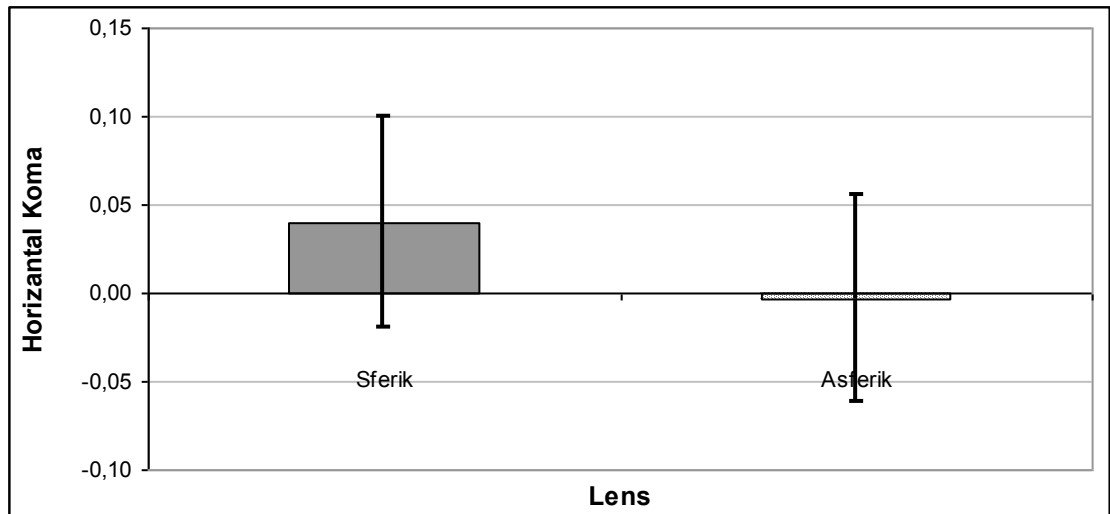
Grafik 8. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası vertikal koma ortalamaları (standart sapma çubukları ile).

Horizontal Koma:

Rayner grubunda sferik lens uygulanan hastaların horizontal koma değeri en düşük $-0.205 \mu\text{m}$ iken en yüksek $0.218 \mu\text{m}$ olarak belirlendi. Horizontal koma ortancası ise $0.040 \mu\text{m}$ (IQR=0.119) olarak hesaplandı. Horizontal koma değerleri asferik lens uygulan grupta ise sırasıyla; -0.800 , 0.214 ve $-0.003 \mu\text{m}$ (IQR=0.117) olarak belirlendi. Sferik ve asferik lens uygulanan gruplar arasında horizontal koma açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur ($Z=1.153$; $p=0.249$) (Tablo 14, Grafik 9). Benzer şekilde sferik ya da asferik lens uygulaması yapılan gözün horizontal koma üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi yoktur ($p>0.05$).

Tablo 14. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası horizontal koma değerleri.

Lens	En düşük	En yüksek	Ortanca	IQR	Z	P
Sferik	-0.205	0.218	0.040	0.119	1.153	0.249
Asferik	-0.800	0.214	-0.003	0.117		



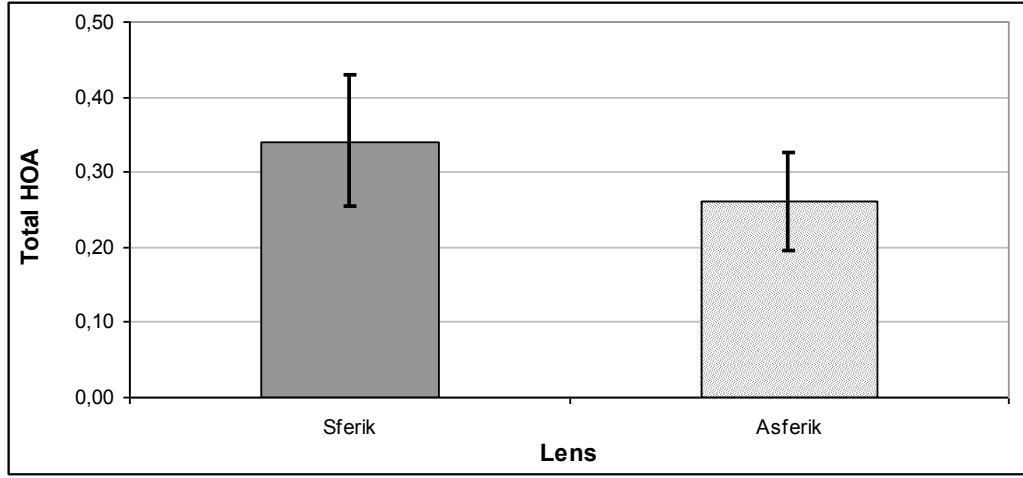
Grafik 9. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası horizontal koma ortancaları (IQR/2 sapma çubukları ile).

Total Yüksek Sıralı Aberasyonlar:

Rayner grubunda sferik lens uygulanan hastaların total yüksek sıralı aberasyon değeri en düşük 0.180 μm iken en yüksek 1.080 μm olarak belirlendi. Total yüksek sıralı aberasyon ortancası ise 0.340 μm (IQR=0.175) olarak hesaplandı. Total yüksek sıralı aberasyon değerleri asferik lens uygulanan grupta ise sırasıyla; 0.130, 0.820 ve 0.260 μm (IQR=0.130) olarak belirlendi. Sferik ve asferik lens uygulanan gruplar arasında total yüksek sıralı aberasyon açısından istatistiksel olarak da anlamlı farklılık vardı ($Z=3.092$; $p=0.002$). Sferik lens uygulanan grubun total yüksek sıralı aberasyon ortancası asferik lens uygulanan grubun ortancasından istatistiksel olarak da anlamlı sayılacak miktarda daha büyüktür (Tablo 15, Grafik 10). Ancak, sferik ya da asferik lens uygulaması yapılan gözün total yüksek sıralı aberasyon üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi yoktur ($p>0.05$).

Tablo 15. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası total yüksek sıralı aberasyon değerleri.

Lens	En düşük	En yüksek	Ortanca	IQR	Z	P
Sferik	0.180	1.080	0.340	0.175	3.092	0.002
Asferik	0.130	0.820	0.260	0.130		



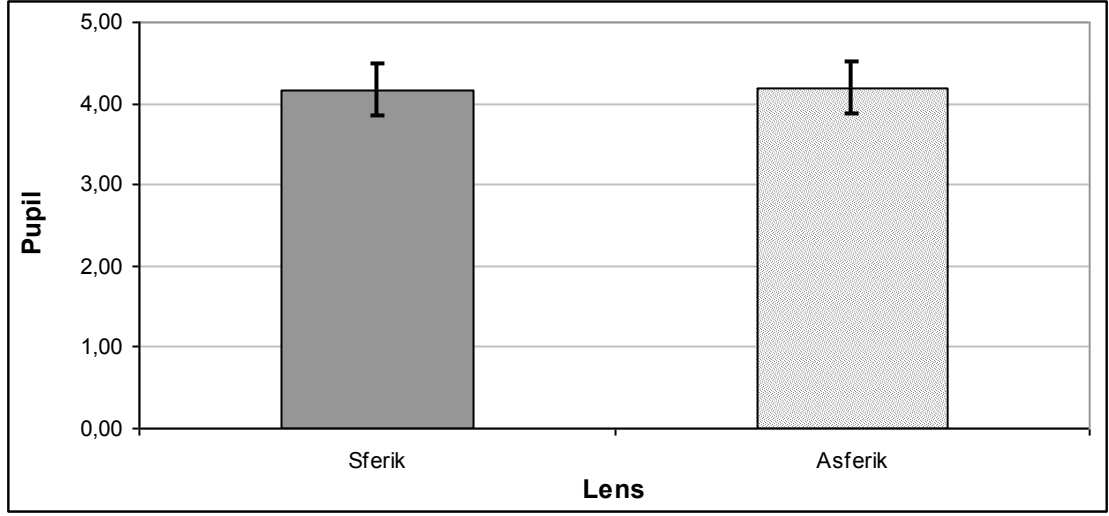
Grafik 10. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası total yüksek sıralı aberasyon ortancaları (IQR/2 sapma çubukları ile).

Pupil Çapı:

Rayner grubunda sferik lens uygulanan hastaların pupil çapı en düşük 3.400 mm iken en yüksek 4.840 mm olarak belirlendi. Ortalama pupil çapı ise 4.163 ± 0.369 mm olarak hesaplandı. Pupil çapı asferik lens uygulan grupta sırası ile 3.670, 4.790 ve 4.179 ± 0.324 mm olarak belirlendi. Sferik ve asferik lens uygulanan gruplar arasında pupil çapı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur ($t=0.198$; $p=0.844$) (Tablo 16, Grafik 11). Benzer şekilde sferik ya da asferik lens uygulaması yapılan gözün pupil çapı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi yoktur ($p>0.05$).

Tablo 16. Rayner grubunda Sferik ve Asferik lens uygulama sonrası pupil çapları (mm).

Lens	En düşük	En yüksek	Ortalama	Std.Sapma	T	P
Sferik	3.400	4.840	4.163	0.369	0.198	0.844
Asferik	3.670	4.790	4.179	0.324		



Grafik 11. Rayner grubunda sferik ve asferik lens uygulama sonrası pupil çapı ortalamaları (mm), (standart sapma çubukları ile).

TARTIŞMA

Katarakt dünyada önlenebilir körlüğün ana nedenlerinden birisidir (58,59). Saydamlığını yitirmiş lensin, şu an için geçerli tek tedavisi cerrahidir ve 65 yaşın üzerinde en sık uygulanan ameliyat şeklidir (60). 1970'li yılların başında intrakapsüler katarakt ekstraksiyonu popüler yöntemdi. GİL'in kullanıma girmesi sonucu arka kapsül ve zonül desteğinin zorunluluğu ile ekstrakapsüler katarakt cerrahisi gündeme geldi. Ancak bu yöntemde nükleusun çıkabileceği büyüklükte bir kesi gerektiğinden yara yeri iyileşmesi uzun sürmekte ve ameliyat sonrası cerrahi astigmatizma yüksek olmaktaydı. Bu sebeplerden dolayı görsel rehabilitasyon uzun sürmekteydi. Bu nedenle, küçük kesiden nükleusun emülsifiye edilerek yenmesine olanak sağlayan fakoemülsifikasyon tekniği ile lens ekstraksiyonu yöntemi geliştirildi. İlk GİL implantasyonu 1949 yılında bir İngiliz cerrah olan Harold Ridley tarafından denenmiştir (61). Fakoemülsifikasyon yöntemi ise ilk defa 1967'de Dr. Charles Kelman tarafından tanıtılmıştır (62). Gelişen teknoloji ve artan sosyokültürel düzey, hastaların bu cerrahideki beklentilerini arttırmıştır. İlk yıllarda GİL teknolojisinin yeterince gelişmemiş olması ve fakoemülsifikasyon cerrahisi sonrası GİL yerleştirilebilmesi için kesinin genişletilmek zorunda kalınması nedeni ile 1980'li yıllara kadar bu cerrahi uygulamaya girememiştir (63). Son yıllarda hem fakoemülsifikasyon cihazlarındaki teknolojik ilerlemeler hem de GİL teknolojisindeki gelişmeler fakoemülsifikasyon cerrahisini oldukça yaygın ve kolay uygulanabilir cerrahi teknik olmasına yol açmıştır. Artık en iyi görme kalitesi kavramı çerçevesinde

hastalar hızlı görsel rehabilitasyon sağlayan konforlu bir ameliyat arzulamaktadırlar.

Katarakt ameliyatından sonra daha iyi görsel sonucun elde edilmesi için cerrahlar günümüzde de uğraş vermektedirler. Keratometri cihazları ve refraktif cerrahi ile birlikte popülaritesi giderek artan wavefront cihazlarının bu gelişim sürecinde önemli katkıları olmuştur (64,65).

Wavefront aberometrik ölçüm sistemlerinin klinik oftalmolojinin çeşitli alanlarında kullanıma başlanmasıyla birlikte özellikle refraktif cerrahi sonrası hastalardaki bazı semptomlara cerrahiye bağlı aberasyonların neden olduğu gözlenmiştir. Retinanın ötesindeki vizüel sistemi değerlendirmek daha zor olduğu için katarakt ve korneal cerrahinin öncelikli hedefi retina üzerinde mümkün olan en yüksek kalitede imaj oluşturabilmektir. Bunu sağlamanın en önemli yollarından biri de yüksek sıralı aberasyonları elimine etmektir (66). Oküler aberasyonlar optik kaliteyi azaltarak görme keskinliğini ve kontrast duyarlılığını bozabilirler. Bu nedenle en az aberasyona neden olan, dolayısıyla en iyi görme keskinliği ve kontrast duyarlılığı sağlayan GİL'i seçmek optik kaliteyi artırmanın en önemli yollarından biridir. Gözdeki birinci ve ikinci sıra aberasyonlar sferik ve silindirik gözlüklerle veya kontakt lenslerle düzeltilirken, yüksek sıralı aberasyonlar bu yöntemlerle düzeltilemez (52). Halen kataraktın, katarakt cerrahisinin, göz içine yerleştirilen lenslerin, kontakt lenslerin ve refraktif cerrahinin yol açtığı ve optik kaliteyi bozan aberasyonların önlenmesine yönelik sayısız çalışmalar vardır. Biz de bu çalışmamızda katarakt cerrahisinde kullanılan Rayner ve Alcon grubu GİL'lerin sferik ve asferik dizaynlarının wavefront aberasyonlar, görme keskinliği ve kontrast duyarlılık üzerine olan etkilerini araştırdık.

Opere olmamış gözlerde HO aberasyonlar düşüktür ve sferik aberasyon dominanttır. Sferik aberasyonlar korneanın ön yüzeyi, lensin ön yüzeyi ve arka yüzeyinden kaynaklanır. Korneanın tek başına oluşturduğu SA, gözün sahip olduğu total SA'dan genellikle fazladır çünkü lens ve kornea birbirini dengeler. Zamanla korneanın elipsoit kurvatürü, sferik şekle dönmeye başlar ve 32-45 yaşları arasında korneal kurvatür ve lensin refraktif indeksinde belirgin

değişiklikler olur. Böylece SA miktarında artış olur (67,68). Yaşlanmayla birlikte lens ve korneal aberasyon arasındaki dengenin bozulması ile birlikte optik kalite kötüleşir. Lensin sahip olduğu negatif SA pozitif değerlere doğru kaymaya başlar (69,70). Sferik aberasyonda santral ve periferal ışınlar retina üzerinde eşit olarak odaklanamaz. Bu durumda imajda yayılma ve bulanıklaşma olur (67,68). SA parlak objelerin etrafında halo ve bulanıklık gibi şikayetlere neden olur. Applegate ve arkadaşları 6 mm pupil çapında tek başına SA düzeltildiğinde retinal imaj kontrastında 12 kat artış olduğunu belirtmişlerdir (71). Kataraktlı olguların çoğu yaşlı olduğundan katarakt ve yaş birleşince aberasyon miktarı daha da artarak retinal imaj kalitesini düşürür. Yaş ile ilgili değişimler SA ve dolayısıyla görme keskinliği ve kontrast duyarlılık değerlerini etkilediği için biz çalışmamızda Rayner ve Alcon GİL'i implante edilen hastaların sferik ve asferik grupları arasındaki yaş dağılımını inceledik. Alcon GİL'i implante edilen hastaların sferik ve asferik grupları arasında yaş bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu ($p=0.823$). Rayner grubunda bilateral katarakt cerrahisi yapılarak aynı hastaların bir gözlerine asferik, bir gözlerine sferik lens yerleştirildiği için yaş dağılımına göre karşılaştırma yapılmasına gerek duyulmamıştır.

Yaş arttıkça SA miktarında artış ve görme kalitesinde azalma olması dikkatleri SA üzerine çekmiştir. Katarakt cerrahisinde kullanılan sferik GİL'ler pozitif SA'yı ve diğer yüksek sıralı aberasyonları artırarak optik kalitenin azalmasına neden olabilirler (72). Bu nedenle korneanın pozitif SA'sını dengeleyen asferik bir GİL'e ihtiyaç duyulabilir. Korneadaki pozitif SA'yı azaltma isteği önemli buluşlara vesile olmuştur (42). Örneğin asferik kontakt lensler ve asferik GİL'ler böylece geliştirilmiştir.

Günümüzde asferik GİL'ler popülasyonun ortalama korneal aberasyonunun $+0.27 \mu\text{m}$ 'den çok az farklılık gösterdiği düşünülerek dizayn edilmiştir. Ancak Beiko ve arkadaşları 696 gözde korneal SA ölçümü yapmış ve bu değer $+0.27 \mu\text{m}$ 'den $\pm 0.095 \mu\text{m}$ farklılık gösterebileceğini göstermişlerdir (73). Korneal SA'nın popülasyonda farklılık göstermesi nedeniyle ameliyat sonrası total wavefront ölçümlerinde ve görsel etkinin araştırılmasında ameliyat öncesi korneal

wavefront sonuçlarına göre kişiye özel asferik GİL seçimlerinin optik kalite açısından çok daha olumlu sonuçlar verebileceği belirtilmiştir (74,75). Biz de çalışmamızda her hastadan ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası korneal wavefront ölçümlerini alarak gruplar arasında karşılaştırdık. Alcon hastalarının sferik ve asferik grupları arasında ameliyat öncesi korneal RMS değerleri istatistiksel olarak birbirinden farksızdı ($Z=0.126$; $p=0.900$). Ayrıca Alcon grubunda sferik ve asferik gruplar arasında ameliyat sonrası korneal wavefront RMS değerleri de istatistiksel olarak anlamsızdı ($Z=0.128$ $p=0.780$). Benzer şekilde sferik ve asferik gruplar arasında ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası korneal RMS değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0.710$). Yine Rayner grubunda sferik ve asferik GİL takılan gözler arasında ameliyat öncesi korneal RMS değerleri de istatistiksel olarak birbirinden farksızdı ($Z=0.414$; $p=0.679$). Sferik ve asferik gruplar arasında ameliyat sonrası korneal wavefront RMS değerleri istatistiksel olarak benzerdi ($Z=0.421$ $p=0.721$). Ayrıca sferik ve asferik gruplar arasında ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası korneal RMS değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0.717$).

Sferik ve asferik GİL'lerinin yüksek sıralı aberasyonlara ve bunların optik kaliteye etkisi üzerinde çok sayıda çalışmalar vardır. Kasper ve arkadaşları 40 göz (20 hasta) ile yaptıkları bir çalışmada asferik GİL (Tecnis Z900) ile sferik GİL'i (Sensar AR40e) kıyaslamışlardır. Bu çalışmada her iki GİL grubu arasında görme keskinliği ve kontrast sensitivite açısından anlamlı fark bulunamazken SA değerinin ($Z4^0$) asferik GİL grubunda belirgin olarak az olduğu gösterilmiştir (76). Yuangsu ve arkadaşları 40 gözde sferik Acrysof ve asferik Tecnis GİL'lerini kıyaslamışlar ve Tecnis GİL'inde total yüksek sıralı aberasyon ve primer SA'nın Tecnis GİL grubunda belirgin olarak az olduğunu göstermişlerdir (77). Kohnen ve arkadaşları 52 gözde sferik Alcon SN60AT ve asferik Alcon SN60WF lenslerini kıyaslamış; koma, trefoil, SA değerlerinin asferik grupta daha düşük olduğunu belirtmişlerdir (78). Kim ve arkadaşları 48 gözde asferik Tecnis ZA9003 ve sferik Acrysof SA60AT GİL'lerini kıyaslamışlardır. Bu çalışmada asferik GİL grubunda SA değerinin sıfıra yakın olduğu ancak yüksek sıralı aberasyonların her iki grupta benzer olduğu gösterilmiştir (79). Bizim

çalışmamızda da benzer şekilde sferik Rayner Süperflex 620H uygulanan hastaların ortalama SA değeri $0.136 \pm 0.087 \mu\text{m}$, asferik Rayner Süperflex 920H uygulanan hastaların ortalama SA değeri ise $0.069 \pm 0.078 \mu\text{m}$ olarak saptandı ve sferik ve asferik lens uygulanan gruplar arasında SA açısından istatistiksel olarak da anlamlı farklılık vardı ($p=0.003$). Yine çalışmamızda her iki lensin yüksek sıralı aberasyonlar (SA, vertikal koma, horizontal koma, vb) üzerine olan etkilerini de değerlendirdik ve sferik Rayner uygulanan hastaların ameliyat sonrası 1. ayda total yüksek sıralı aberasyon ortancası 0.340 (IQR= 0.175) olarak hesaplandı. Asferik Rayner uygulanan hastaların total yüksek sıralı aberasyon ortancası ise 0.260 (IQR= 0.130) olarak belirlendi. Sonuç olarak sferik ve asferik lens uygulanan gruplar arasında total yüksek sıralı aberasyon açısından da istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardı ($p=0.002$).

Rocha ve arkadaşları (80) asferik Acrysof IQ (Alcon), sferik Acrysof Natural (Alcon), sferik Sensar AR40e lenslerini implante ettikleri kataraktlı gözlerde total yüksek sıralı aberasyon değerlerini karşılaştırmışlar ve Acrysof IQ grubunda Acrysof Natural ve Sensar AR40e gruplarına göre daha düşük bulmuşlardır. Acrysof IQ asferik bir lenstir ve lensin dizaynına bağlı olarak daha düşük aberasyon değerleri sağlamaktadır. Çalışmamızdaki asferik Rayner grubunda total yüksek sıralı aberasyon ve SA değerlerinin sferik Rayner grubuna göre belirgin şekilde düşük çıkmasının nedeni de lensin asferik dizayn özelliğine bağlanmıştır.

Asferik GİL'ler içerisinde Tecnis Z9000 en uzun takip süresine sahip ve çalışmalarda en çok sunulan GİL'dir. Tecnis'in ilk modeli olan Z9000 fonksiyonel görmeyi iyileştiren ve gece görmesini düzelteren ilk kabul görmüş modeldir (81). İlk çalışmaların çoğunda Tecnis Z9000'in konvansiyonel GİL'lere göre daha iyi kontrast sensitiviteye sahip olduğu bildirilmiştir. Ancak son zamanlarda yapılan bazı çalışmalarda asferik lenslerin fonksiyonel görmeyi iyileştirdiği söylenmekle birlikte sferik lenslerle kıyaslandığında kontrast sensitivite üzerinde veya kişisel tercih açısından belirgin fark olmadığı belirtilmiştir (82,83). Genel olarak asferik GİL'lerin görsel performanslarının daha iyi olduğu belirtilse de bazı çalışmalarda sferik GİL'lerin yakın okumada

daha iyi olduğu söylenmektedir. Rocha ve arkadaşları asferik GİL implantasyonundan sonra azalan korneal SA'nın yakın ve ara mesafe görmeyi azalttığını savunmuşlardır (84). Bu çalışmada rezüdü SA'nın fokus derinliğini artırdığı belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda da asferik Rayner kullanılan grupta SA sferik Rayner grubuna göre anlamlı şekilde düşüktü ($p=0.003$).

Padmanaphan ve arkadaşları (85) Tecnis ile Acrysof MA60 BM ve AMO AR40e lenslerini kıyaslamışlar ve Tecnis'in SA'yı belirgin olarak azalttığını ancak total wavefront hatalarına avantajının olmadığını göstermişlerdir.

Tecnis Z9001 anterior yüzeyde, Acrysof IQ ise posterior yüzeyde asferik dizayna sahip ve implante edilen gözlerde negatif SA oluşturarak korneanın pozitif SA'sını azaltırlar. Akreos AO ve Sofport AO ise anterior ve posterior yüzeyde asferisiteye sahip, negatif SA etkisi olmayan ve SA'yı azaltmadan etki gösteren nötral asferik lensler olarak üretilmişlerdir (81). Bizim kullandığımız Rayner süperflex de nötral asferik lens grubundandır ve dizayn amacı yüksek sıralı aberasyonları ve SA'yı azaltırken sferik lenslerde gördüğümüz daha büyük fokus derinliği sağlayarak daha iyi bir yakın okuma ve hasta memnuniyetini sağlamaktır.

Nötral asferik lens kavramı son zamanlarda yapılan çalışmalarda SA'nın tamamen ya da kısmen azaltılmasının hastalarda fokus derinliğini azaltma, yakın okumada zorlanma ve hasta memnuniyetsizliği nedenleriyle ortaya atılmış ve bu gruptaki lensler çalışmalarda değerlendirilmeye başlanmıştır. AMO Tecnis Z9000 GİL $-0,27\mu\text{m}$, Acrysof IQ $-0,19\mu\text{m}$ negatif SA'ya sahip iken Sofport AO nötral bir asferik lenstir. Popülasyonun ortalama korneal aberasyonunu $+0,27\mu\text{m}$ farz edersek bu üç lensin implantasyonu sonucu $0\mu\text{m}$, $+0,10\mu\text{m}$ ve ya $+0,27\mu\text{m}$ SA elde ederiz. Peki, bu değerlerden hangisi daha iyi vizüel kalite sağlar ? İnsan gözünde vizüel performansın en iyi olduğu ve süper görmenin maksimum olduğu yaş 19'dur. Bu yaşta korneanın SA'sı gözün internal optik yapısı ile sıfırlanır (bu yaşta kornea $+0,17\mu\text{m}$, lens vb. yapılar $-0,17\mu\text{m}$ SA'ya sahip), (86). Acaba bu yaş grubunda süper görmeye sadece sıfır SA mı neden olur? Birçok çalışmada SA'yı tamamen sıfırlayan asferik GİL'lerin konvansiyonel GİL' lere göre daha iyi VA ya sahip olmadığı belirtilmiştir.

Sofport AO ve Akreos AO ile ilgili çalışmalar kısıtlı iken Tecnis Z9000 ve Acrysof IQ ile ilgili çalışmalar çok fazladır. Nötral asferik lensler SA'yı hiperasferikler gibi sıfırlamazlar ve böylece sferik lenslerin avantajlarından da yararlanmış olur. Bir çalışmada 80 hastada Tecnis Z9000 asferik GİL'i ile Akreos AO sferik GİL'i kıyaslanmıştır (83). Bu çalışmada Tecnis'in sferik SA'yı belirgin olarak azalttığı gösterilmişse de hastalar Akreos AO ile daha iyi görme kalitesi tanımlamışlardır ve bunun nedeni olarak Akreos AO'nun daha büyük fokus derinliğine sahip olması ve böylece yakın okuma gibi fonksiyonları kolaylaştırması gösterilmiştir. Bu çalışmadan SA'nın maksimum azaltılmasının algılanabilir görme kalitesiyle korelasyonunun düşük olduğu sonucu çıkartılabilir. Benzer şekilde Xingchao ve arkadaşları asferik Tecnis Z9001, asferik Akreos AO ve sferik KS-1 GİL'lerini değerlendirdikleri çalışmada Tecnis Z9001 ile belirgin olarak azalmış SA (0.022 μ m), Akreos AO'da rezüdü SA (0,1419 μ m) ve sferik bir GİL olan KS-1'de belirgin SA (0.211 μ m) değerlerini bulmuşlardır (87). Her iki asferik GİL sferik GİL'e göre SA'yı belirgin olarak azaltırken, iki asferik GİL arasında da SA açısından anlamlı bir fark bulmuşlardır. Katarakt cerrahisinden üç ay sonra üç grup arasında yakın ve uzak görme keskinliğinde anlamlı fark yokken sferik GİL'e göre her iki asferik GİL' de belirgin artmış kontrast sensitivite tespit etmişler ve iki asferik GİL arasında kontrast sensitivite açısından anlamlı fark bulamamışlar. Nötral asferik GİL olan Akreos AO'da her iki yüzeyde asferisite mevcuttur ve pozitif korneal SA'yı sıfırlamaz. Johanson ve arkadaşları bir miktar SA olmasını fokus derinliği artışı sağladığı için bir avantaj olarak görmüşlerdir. Bu çalışmada Tecnis Z9001 ile SA'nın tam olarak düzeltilmesi ya da Akreos AO ile rezüdü olarak kalması uzak ve yakın görme keskinliğini, kontrast sensitiviteyi ya da glare sensitiviteyi belirgin olarak etkilememiştir (83).

Asferik Tecnis Z9000 ve sferik Acrysof MA60AC lenslerinin kıyaslandığı bir çalışmada Tecnis grubunda SA'nın ve total yüksek sıralı aberasyonların belirgin olarak düşük ancak görme kalitesi, disfotopsi, kontrast sensitivite ve kişisel vizüel fonksiyon gibi diğer parametrelerin her iki grupta benzer olduğu gösterilmiştir (88). Marcos ve arkadaşları SA ile fokus derinliği ve arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bu çalışmada asferik Acrysof IQ SN60WF ile sferik Acrysof

SN60 ve Sensar AR40 GİL'lerini kıyaslamışlardır. 6m, 1m ve 0.3m mesafede görme keskinliği değerlendirilmiştir ve asferik GİL' de SA belirgin olarak düşük olmakla birlikte yakın görme keskinliği kötü, tam tersi sferik GİL'lerde SA yüksek olmakla beraber yakın görme daha iyi bulunmuştur. Bu çalışmada total SA azalmasının yakın görme keskinliğini bozabileceğini ve bu durumun kişisel tercih farklılıklarını açıklayabilecek bir unsur olduğunu söylemişlerdir (89). Görüldüğü gibi nötral asferik lensler olan Sofport AO ve Akreos AO ile ilgili çalışmalar çok kısıtlı olduğu gibi asferik Rayner'le ilgili bir çalışma henüz bulunmamaktadır ve bizim çalışmamızın amacı da henüz etkilerini tam olarak bilmediğimiz bu grup lenslerin optik kaliteye etkilerini belirlemektir. Ayrıca literatürde sferik ve asferik GİL'lerin görme keskinliği ve kontrast duyarlılığına olan etkileri ile ilgili çok farklı sonuçlar bulunduğundan Alcon grubu lensin sferik ve asferik dizaynlarının görme keskinliği ve kontrast sensitiviteye etkilerini değerlendirerek bu konuya katkıda bulunmak istedik.

Literatürde SA'nın tamamen eliminasyonu ile ilgili çelişkili bulgular vardır. Peki, o halde ideal SA ne olmalıdır? Vizüel sistemdeki tüm aberasyonların elimine edilmesi süper görme sağlar şeklinde basit bir mantık ne kadar doğrudur? Levy ve arkadaşları (90) süper görmeye sahip 35 hastada ortalama RMS değerini 0,334 μm ve ortalama SA değerini +0,10 μm olarak hesaplamışlardır. Bu sonuçlar sıfırdan hayli uzak olduğu için şaşırtıcı bulunmuştur. Ayrıca Amesbury ve Schallborn (91) süper görme keskinliğine ve süper kontrast sensitiviteye sahip deniz pilotlarında küçük miktarda pozitif SA olduğunu doğrulamıştır. Bu çalışma Levy ve arkadaşlarının çalışmasını (90) desteklemektedir. Peki, oküler aberasyonlar nasıl olur da mükemmel görme performansı ile birliktelik gösterebilir? Applegate ve arkadaşları (92) yüksek sıralı aberasyonların düşündüğümüzden daha kompleks olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada bazı yüksek sıralı aberasyon kombinasyonlarının tek bir yüksek sıralı aberasyon tipine göre daha az zararlı olduğu gösterilmiştir. yüksek sıralı aberasyonların zararlı olduğuna ilişkin genel düşünce irregüler korneada olduğu gibi yüksek miktarda olmaları durumundadır. Normal popülasyonda daha az miktarda yüksek sıralı

aberasyon bulunur (91). Ayrıca bazı çalışmalarda RMS değerinin vizüel performans için yetersiz bir belirteç olduğu belirtilmiştir (54).

Wang ve arkadaşları (38) gözün internal optiğinin sahip olduğu SA miktarının $-0,145\mu\text{m}$ olduğunu belirtmişlerdir. Her ne kadar bu SA'ya posterior kornea, lens ve jel benzeri ortamın katkısı ayrı ayrı söylenirse de Acrysof IQ'nun sahip olduğu $-0,19\mu\text{m}$ SA değeri doğal lensin sahip olduğu SA değerine benzemektedir. Peki, Acrysof IQ ile elde edilen $+0,10\mu\text{m}$ rezüdü SA süper normal görme keskinliğine neden olabilir mi? Rocha ve arkadaşlarının (80) Acrysof IQ ile diğer sferik lensleri kıyasladığı çalışmada Acrysof IQ, sferik GİL'leri gölgede bıraksa da sadece mezopik şartlarda ve düşük uzaysal frekanslarda iyileşme sağlamıştır.

Acaba sıfır veya pozitif rezüdü SA yanı sıra negatif rezüdü SA ideal olabilir mi? Bazıları asferik GİL implantasyonu sonrası $-0,10\mu\text{m}$ rezüdü SA önermişlerdir. Ancak negatif SA'nın daha iyi görme keskinliğine neden olduğu ile ilgili bir delil yoktur. Hooladay negatif SA'nın sadece yakın görmeye yararlı olduğunu söylemiştir (86).

Aberasyonlar arası etkileşimler ile ilgili çalışmalar sınırlı sayıdadır. Genellikle çalışmalarda aberasyonların artması ile vizüel performans azalır şeklinde bilgi vardır. Yüksek miktarda aberasyon bulunan bir gözde aberasyonlar ile vizüel performans arasındaki korelasyon çok iyidir. Ancak daha düşük sıralı aberasyonlar ile vizüel performans arasındaki korelasyon kötüdür. Bu kötü korelasyonun nedeni ne olabilir? Yani RMS değerleri nispeten düşük olan hastalar arasında niçin vizüel performans farklılık gösterir? Bunun birinci nedeni olarak hastalar arasındaki nöral transfer fonksiyonu farklılığı gösterilmiştir. Yani vizüel sistemdeki görüntünün nöral yollarla taşınması ve yorumlanması farklılıklar gösterebilir. Diğer bir neden ise vizüel performansı değerlendiren testlerin (örneğin yüksek kontrast görme keskinliği gibi) yetersiz oluşudur (54).

Her ne kadar RMS değerleri hesaplanırken matematiksel olarak veriler birbirinden bağımsız olsa da, her bir aberasyonun görmeye olan etkisi ve birbiri ile olan etkileşimi bu değer ile belirlenemez. Örneğin bir aberasyon diğerini dengeleyerek MTF'yi ve imaj kalitesini artırabilir. Applegate ve arkadaşları (54)

SA ve defokus kombinasyonunun tek başına SA veya defokus durumuna göre görme keskinliğini daha az etkilediğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada defokusun RMS değeri 0,2 µm, SA'nın RMS değeri 0,15 µm olarak simüle edilmiş. Total RMS değerinde 0,25 µm elde edilen imaj kalitesi 0,15 µm ve 0,2 µm ye göre daha iyi bulunmuştur. Ayrıca bu çalışmada 2 ve katlarındaki radyal sıralı (örneğin radyal sırası 2 ve 4) ve aynı açısal frekansa sahip (örneğin 0, -2 ve 2) kombinasyonlarının tek başına oluşturdukları zararlı etkiden daha az imaj kalitesini etkilediği de belirtilmiştir. Yani $C2^0 + C4^0$ ve $C2^{-2}$ ve $C4^{-2}$ kombinasyonlarının görme keskinliğini artırdığı sonucuna varılmıştır. Ancak tüm kombinasyonların görme keskinliğini artırdığı düşünülmemelidir. Çünkü yukarıda belirtilen kombinasyonlar Zernicke modlarının küçük bir parçasını oluşturmaktadır. Aynı çalışmada $C4^0 + C4^{-4}$ ve $C4^0 + C4^{-2}$ (yani 4. radyal sıra) kombinasyonlarının görme keskinliğini tek tek bulunmaları durumuna göre daha fazla azalttığı da belirtilmiştir. Burada vurgulanmak istenen Zernicke modundaki daha düşük düzeyli aberasyonlar ile RMS değeri arasındaki korelasyonun yetersiz oluşudur. Dolayısıyla optik kalitenin değerlendirilmesi için RMS değerleri yanı sıra yeni parametrelere ihtiyaç vardır.

Levy ve arkadaşları yaş ortalamaları 24,3 olan ve süper görmeye sahip 35 hastada (70 göz) oküler yüksek sıralı aberasyonların miktarını analiz etmişler; bu çalışmada ortalama RMS değerini 0,334 µm, total SA 0,110 µm, total koma 0,136 µm ve total trefoil değerleri 0,268 µm olarak bulunmuş. Ayrıca Joslin ve arkadaşları (93) myopi için kullanılan korneal kontakt lenslerin yüksek sıralı aberasyonları belirgin olarak artırdığını ancak görme keskinliğine belirgin etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca bir çalışmada akomodasyon sonucu yüksek sıralı aberasyonların modifiye olduğu ancak bu durumun imaj kalitesine belirgin etkisinin olmadığı gösterilmiştir (94). Wang ve arkadaşlarının myopik gözlerde yaptığı çalışmalarda yüksek sıralı aberasyon değerleri süper normal görmeye sahip gözlerle benzerlik göstermektedir (95,96). Sonuç olarak yüksek sıralı aberasyonların vizüel fonksiyonlara olan etkisi kompleks olup tam olarak anlaşılammıştır. Bu yüzden özellikle lazer refraktif cerrahide tüm yüksek sıralı aberasyonların elimine edilmesi mantıklı değildir. Özellikle daha düşük yüksek

sıralı aberasyonların RMS değeri ile optik kalite arasındaki korelasyon düşük olduğu için Marsack ve arkadaşları (97) optik kaliteyi belirlemek için yeni parametreler raporlamışlardır. Bu çalışmada 6 mm pupil çapında 0,25 μ m RMS değerine sahip aberasyonların değişik varyasyonlarında standart log Mar görme keskinliği kartı ile yapılan ölçümlerde görme keskinliğinde farklılıklar olduğu belirtilmiştir. Yani tüm simülasyonlarda RMS 0.25 μ m olmasına rağmen görme keskinliği değerlerinde farklılık saptanmıştır. Dolayısıyla optik kaliteyi daha net belirleyebilmek için 34 farklı test kombinasyonunda 31 ayrı parametre ile yüksek kontrast görme keskinliği değişkenliği ölçülmüş ve en iyi parametrenin % 81 değişkenlik oranı ile Strehl oranı olduğu belirtilmiştir. Strehl oranı abere bir gözdeki gerçek PSF değerinin, difraksiyon kısıtlı mükemmel gözdeki PSF değerine oranıdır. PSF ise kırınım ve aberasyonun etkileri sonucu objenin retinal imajındaki ışık dağılım yoğunluğudur. Bu fonksiyon bir görüntüleme sisteminde obje olan bir noktanın imaj düzlemine transferi sırasındaki değişimini tanımlar. Özetle aberasyonların optik kaliteye etkisini anlayabilmemiz için RMS yanı sıra yeni parametrelere de ihtiyaç duyulabilir. Bu konuda simülasyon çalışmalarının yanı sıra daha fazla sayıda in vivo çalışma yapılması gerektiği kanaatindeyiz.

SA'dan sonra optik kaliteyi etkileyen ikinci önemli aberasyon olan koma da görme keskinliği ve kontrast duyarlılık değerlerinde belirleyicidir (98). Koma değerleri yaşla birlikte belirgin değişiklik göstermezken korneal kesi ve GİL desantralizasyonu ile değişiklik gösterebilir. Kasper ve arkadaşları (99) bilateral kataraktlı olgularda bir göze Tecnis Z9000, diğer göze Sensar AR40e implante etmişler ve her iki lenste de koma değerlerinde artış olduğunu bulmuşlardır. Choi ve arkadaşları (100) normal kontrol grubu ile üç farklı akrilik Acrysof MA60BM, Sensar AR40 ve korneal ACR6D lenslerini implante ettikleri kataraktlı gözlerde koma değerini karşılaştırmışlar ve üç lens grubunda koma değerinin normal gözlere göre daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Bu iki çalışmayla koma değerlerindeki artışın korneal kesi ile ilgisi olduğu düşünülebilir.

Peki, sferik ve asferik GİL seçimi ile koma değerleri arasında nasıl bir ilişki olabilir? Munoz ve arkadaşları (101) Tecnis Z9000, Sensar AR40e ve Stabibag (IOLtech) lenslerini implante ettikleri kataraktlı gözlerde 4 mm ve 6 mm'lik optik

zonda ölçümler almışlar ve Tecnis Z9000 lensinin IOLtech Stabibag lensine göre daha düşük koma değerlerine yol açtığını bulmuşlardır. Ancak Bellucci ve arkadaşları (102) Tecnis Z9000, Acrysof SA60AT, Acrysof MA60BM, Sensar AR40e ve CeeOn 911 Edge lenslerini implante ettikleri kataraktlı gözlerde 4 mm'lik optik zonda koma değerlerini karşılaştırmışlar ve anlamlı farklılık bulamamışlardır. Yine Rocha ve arkadaşları (80) Acrysof IQ, Acrysof Natural ve Sensar AR40e implante edilen kataraktlı gözler arasında koma değerleri açısından fark bulamamışlardır. Tüm bu çalışmalar biri dışında asferik lenslerin koma değerlerini etkilemediklerini göstermektedirler. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde sferik ve asferik Rayner lens uygulanan gruplar arasında vertikal ve horizontal koma açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu.

Koma değerleri özellikle asferisite özelliğinden çok opere gözlerde GİL'inde desantralizasyon ve tilt meydana geldiğinde artar. GİL'lerde tilt veya desantralizasyon irregüler astigmatizma, koma ve SA'yı indükler. Buna bağlı olarak hastalarda glare, halo ve gece görmesinde azalma gibi disfotopsi şikayetleri olur. Asferik GİL'ler sferik GİL'lere göre daha çok desantralize olma eğilimindedir. Örneğin 0.5mm'den daha fazla desantralizasyon durumunda asferik GİL avantajları bozulur ve SA ve koma artabilir (103,104). Holaday ve arkadaşları 0,4 mm'den daha az desantralizasyon ve 7 dereceden daha az tilt olması durumunda asferik GİL'lerin optik performans açısından avantajlı olabileceğini belirtmişlerdir (42).

Lenslerin desantralizasyonuna GİL çapı ile kapsül cep çapının uyumsuzluğu, büyük çaplı kapsül cebi, GİL'inin sulkusa yerleştirilmesi, haptiklerden birinin cepte diğerinin sulkusta olması, kapsüller fimozis, kapsüller fibrozis ve kapsüldeki radyal yırtıklar neden olabilir. Oshika ve arkadaşları (105) disfotopsili bir psödo-fak hastanın wavefront analizlerinde koma değerlerinde artış olduğunu görmüşler, tilt ve desantralizasyon gelişmiş olan GİL'ini değiştirmek zorunda kaldıklarını rapor etmişlerdir. Biz ameliyat sonrası 1. ayda yaptığımız biyomikroskopik muayenede tilt ve desantralizasyona rastlamadık, ayrıca ameliyat sırasında ve ameliyat sonrası komplikasyon gelişen hastalar çalışmadan çıkartıldığı için kapsül ve lens yerleşimi ile ilgili sorunlar söz konusu olmadı ve

hastalar tarafından glare, halo veya benzer şekilde disfotopsi şikayetleri olmadı. Bu durumun vertikal ve horizontal koma sonuçlarımızı açıklar nitelikte olduğunu düşünmekteyiz.

Katarakt cerrahisinden sonra ortaya çıkan optik aberasyonlar GİL'lerinin optik özellikleri yanı sıra cerrahi insizyonun lokalizasyonu ile de alakalıdır. Katarakt cerrahisinde korneal veya skleral insizyon kullanılmaktadır. Pesudovs ve arkadaşları (106) fakik, skleral kesi-PMMA lens, skleral kesi-Acrysof lens ve korneal kesi-Acrysof lens uygulanmış gözleri aberasyonlar açısından karşılaştırmışlardır. Bu çalışmacılar skleral tünelle implante edilen PMMA lensin fakik gruba ve her iki yolla implante edilen Acrysof lensine göre daha az aberasyona neden olduğunu, Acrysof lensin skleral tünelle implantasyonunun, korneal insizyonla implantasyonuna göre daha az aberasyona yol açtığını bulmuşlardır. Bu çalışma aberasyonlara kesi yerinin etkisinin fazla olduğunu göstermiştir. Ayrıca yine Pesudovs ve arkadaşları süperior korneal insizyonların büyük pupil çapında sferik ve tetrafoil aberasyonları arttırdığını bulmuşlardır (106). Bizim çalışmamızda her iki gruba da aynı keratom bıçağı ile (2.8 mm) korneal valf oluşturacak şekilde benzer korneal kesi yapılarak ve aynı enjektör sistemi ile korneal kesiden girilerek lens implantasyonu yapıldığı için kesi şekli ve büyüklüğü optik aberasyonlar açısından farklılık arz etmemiştir.

Rocha ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada (80) üst nazal insizyonda (sol göz) koma değerlerinin, üst temporal insizyonda (sağ göz) ise trefoil değerlerinin yüksek olduğunu bulmuşlardır. Biz de çalışmamızda buna benzer şekilde sol gözde üst nazal ve sağ gözde üst temporal insizyonlar kullandık. Çalışmada hastalara bilateral lens implantasyonu yapıldığı için sağ ve sol göz, dolayısıyla üst nazal ve üst temporal insizyon sayılarımız eşitti ve bu yüzden kesinin lokalizasyonun iki grubumuz arasında sonuçlarımızı etkilemediğini düşünüyoruz. Ayrıca çalışmamızda sağ veya sol gözün aberasyonlara etkisi açısından da anlamlı fark saptanmamıştır.

Aberasyonlar GİL'lerin sferik ve asferik dizaynı yanı sıra dioptrik gücü, optik çapı, materyali ve refraktif indeksi gibi nedenlere bağlı olarak da değişir:

Lenslerin optik gücü arttıkça SA'lar artar. Bellucci ve arkadaşları (102) farklı diyoptrilerdeki Acrysof MA60BM (Alcon) lenslerinin SA'larını ölçmüşler ve diyoptri miktarı arttıkça SA'ların arttığını bulmuşlardır. Yine Padmanaphan ve arkadaşları (107) Acrysof MA60BM lensinin yüksek diyoptrilerde SA'yı indüklediğini bulmuşlardır. Bellucci ve arkadaşları (102) yüksek hipermetrop bir hastaya +30 D lensi implante edildikten sonra aberasyon değerlerinin çok arttığını görmüşler. Bizim çalışmamızda anizometropik, yüksek miyop ve yüksek hipermetrop hastalar çalışmaya dahil edilmedi ve her hastaya bilateral cerrahi nedeniyle her iki göze benzer diyoptrilerde lens enjeksiyonu yapıldı, bu anlamda da sonuçlarımızın bu faktörden etkilenmediğini düşünüyoruz.

GİL'in şekli ile aberasyon miktarı arasında da bir ilişki vardır. GİL'in ön yüzeyinin eğimi arttıkça daha az SA gelişmektedir (108).

Refraktif indeksi daha fazla olan lensler daha fazla SA'ya neden olurlar (102). Kasper ve arkadaşları (99) bilateral kataraktlı olguların bir gözüne Tecnis Z9000, diğer gözüne Sensar AR40e implante ederek yüksek sıralı aberasyon değerlerini karşılaştırmışlar ve iki lens arasında istatistiksel farklılık bulamamışlardır. Bu çalışmada kullanılan lenslerin RI'larındaki (Tecnis Z9000 R4=1.46, Sensar AR40e R4=1.47) benzerlikten dolayı yüksek sıralı aberasyonlarda farklılık bulunamamış olabilir. Padmanaphan ve arkadaşları (107) katarakt ameliyatından sonra Tecnis Z9000, Acrysof MA60BM ve Sensar AR40e implante ettikleri gözleri ameliyat sonrası yüksek sıralı aberasyon değerlerini karşılaştırmışlar ve lensler arasında farklılık olmadığını bulmuşlardır. Ancak Acrysof MA60BM lensinin RI'sının diğer lenslere daha yüksek olmasına rağmen yüksek sıralı aberasyonlar açısından fark bulunamamış olması RI'nın yüksek sıralı aberasyonlara etkisini gösteren diğer çalışmalara tezat teşkil etmektedir. Martin ve Sanders (109) STAAR kollamer lens (RI=1.44), STAAR silikon lens (RI=1.41), Sensar AR40e (RI=1.47) ve Acrysof SA60AT (RI=1.55) lenslerini implante ettikleri kataraktlı gözlerde yüksek sıralı aberasyon değerlerini karşılaştırmışlar ve Acrysof SA60AT lensinin STAAR kollamer lensine göre daha fazla aberasyona neden olduğunu ancak bunun istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bulmuşlardır. Bu araştırmacılar iki lens arasındaki bu farklılığı RI

farkına bağlamışlar ve RI' nin miktarı arttıkça aberasyon değerlerinin arttığını savunmuşlardır. Ancak bu iki lens arasında sadece RI farklılığı değil materyal farklılığı da vardır. Ayrıca RI'sı daha da düşük olan STAAR silikon lensi ile Acrysof SA60AT arasında aberasyonlar açısından fark bulunamamış olması ise silikon ve akrilik materyallerinin farkına bağlı olabilir. Öte yandan çalışmada kullanılan bir başka akrilik lens olan Sensar AR40e grubunda elde edilen yüksek sıralı aberasyonların RI'sı daha düşük olan diğer lens grupları ile benzer değerlerde bulunması materyal özelliği yanı sıra RI'nın da aberasyonlar üzerinde etkili olduğunu düşündürmektedir. Biz çalışmamızda önceki çalışmalardaki bu eksikliği gidermek amacıyla aynı lensin (Rayner) hem sferik hem de asferik dizaynını karşılaştırdığımız için her iki grupta da materyal ve RI değerleri aynı idi. Böylece wavefront ölçüm sonuçlarındaki farklılıkların lenslerin sadece dizayn (sferik veya asferik) özelliklerinden kaynaklanıyor olduğu yorumunu yapabiliriz.

GİL'lerin optik çapı da aberasyonları etkilemektedir. Optik çap arttıkça aberasyonların düzeldiğini gösteren çalışmalar vardır (110,111). Caspirini ve arkadaşları (112) Acrysof MA30BA, Sensar AR40e, Acrysof SA30AL (Alcon), Sensar AR40, Tecnis Z9000 lenslerini implante ettikleri kataraktlı gözlerde ameliyat sonrası 2. ayda 5 mm'lik optik zonda SA değerlerini karşılaştırmışlar ve 5.5 mm optik çaplı Acrysof MA30BA'a göre 6 mm optik çaplı Tecnis Z9000, SensarAR40e, Acrysof SA30AL lenslerinin daha düşük SA'ya neden olduklarını bulmuşlardır. Bu durum Acrysof MA30BA lensinin optik çapının küçük olması ile açıklanmıştır. Bu bilgiden yola çıkarak biz de Rayner lensinin 6.25 mm ve 5.75 mm optik çaplı alt grupları olduğu halde, optik çap azaldıkça aberasyonların artışı bilindiği için çalışmamızda Rayner lensinin tüm hastalarda 6.25 mm'lik süperfleks dizaynını kullandık. Böylece daha az oküler aberasyon elde etmeyi amaçladık.

Lens materyali de aberasyonlarda etkilidir. Silikon veya PMMA lenslerine göre akrilik GİL'leri daha fazla aberasyona yol açarlar (113). Akrilik hidrofobik lensler ise akrilik hidrofilik lenslere göre daha fazla aberasyona neden olurlar, ancak bunun nedeni tam bilinmemektedir (114). Choi ve arkadaşları (100) normal fakik gözlerle, akrilik hidrofobik Acrysof MA60BM, hidrofobik Sensar AR40, hidrofilik korneal ACR6D lenslerini implante ettikleri kataraktlı gözlerde yüksek

sıralı aberasyon değerlerini karşılaştırmışlar, üç lens ve normal grup arasında yüksek sıralı aberasyon değerleri arasında fark bulamamışlardır. Bu çalışma hidrofobik lenslerle hidrofilik lenslerin aberasyona etkilerinin benzer olduğunu göstermektedir. Ancak Taketani ve arkadaşları (114) yaptıkları çalışmada hidrofilik lenslerin daha az aberasyona sebep olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmaların sonuçları birbirleriyle çelişmektedir. Bu yüzden hidrofobik ve hidrofilik lensleri aberasyonlar açısından değerlendiren daha fazla sayıda çalışmaya ihtiyaç vardır. Rayner, hidrofilik akrilik özellikte bir lens ve karşılaştırılan iki lens de bu özellikte olduğu için lensin materyal özelliğinin sonuçlarımızı etkilemediğini düşünüyoruz.

Oküler aberasyonları etkileyen diğer bir faktör de pupil çapıdır. Pupil çapının artması SA değerini artırabilir. Sferik ve asferik GİL'lerin farklı pupil çaplarında SA ve diğer yüksek sıralı aberasyonlara etkisini araştırmak üzere çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bellucci ve arkadaşları (102) 4 ve 6 mm pupil çapında Tecnis, SA60AT, MA60MB ve AR40e lenslerini karşılaştırmışlar ve yüksek sıralı aberasyonlar için anlamlı fark saptanmazken SA değeri Tecnis grubunda her iki pupil çapında da belirgin olarak düşük bulunmuştur. Yine Munoz ve arkadaşları (101) 4 ve 6 mm pupil çapında Tecnis ve AR40e lenslerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada da yüksek sıralı aberasyonlar için anlamlı fark saptanmazken SA değeri Tecnis grubunda her iki pupil çapında da belirgin olarak düşük bulunmuştur. Rocha ve arkadaşları (80) Acrysof IQ, SN60AT ve AR40e lenslerini 4mm ve 5 mm pupil çaplarında kıyaslamışlar ve Acrysof IQ grubunda hem yüksek sıralı aberasyon hem de SA değerleri belirgin olarak düşük bulunmuştur. Kasper ve arkadaşları (76) Tecnis ve AR40e lenslerini fizyolojik mezopik pupil çapında kıyaslamışlar ve yüksek sıralı aberasyon değerleri her iki grupta istatistiksel olarak anlamsızken SA Tecnis grubunda belirgin olarak düşük bulunmuştur. Yine Kasper ve arkadaşları (115) sferik AMO40e ve asferik AMO Tecnis lenslerini 3, 4, 5 ve 6 mm pupil çaplarında kıyaslamışlardır. Bu çalışmada tüm pupil çaplarında SA ve diğer 4. sıra aberasyonlar asferik grupta belirgin olarak düşükken total yüksek sıralı aberasyon değerleri asferik grupta sadece 6 mm pupil çapında düşük bulunmuştur. 3. ve 5. sıra aberasyonlar her iki grupta tüm pupil

çaplarında benzerdi. Literatürde genel olarak farklı pupil çaplarında sferik ve asferik GİL'ler arasında yüksek sıralı aberasyon değerleri benzerlik gösterdiğinden bizim çalışmamızda sadece mezopik şartlarda ve yaşlı hasta popülasyonunda görülen fizyolojik myozis etkeni de düşünülerek fizyolojik pupil çapında midriazis yapılmadan wavefront ölçümleri alınmıştır ve literatür ile uyumlu olarak SA ve total yüksek sıralı aberasyon değerleri asferik GİL grubunda anlamlı olarak düşük bulunmuştur. Ayrıca çalışmamızda Rayner lensinin sferik ve asferik implantasyonunun yapıldığı gözler arasında wavefront ölçümlerinde pupil çapı açısından istatistiksel olarak farklılık saptanmamıştır. Böylece sferik ve asferik gruplar arasındaki oküler aberasyon değerlerinin pupil çapından etkilenmediğini düşünüyoruz.

Optik kaliteyi etkileyen nedenlerden biri de kullanılan GİL'in monofokal veya multifokal olup olmadığıdır. Multifokal GİL'leri uzak ve yakını gözlüksüz görmek isteyen hastalar için önemli bir teknolojik gelişmedir. Ancak multifokal GİL'lerinin teknik özellikleri ve hastalar tarafından farklı adaptasyon karakteri göstermeleri bu lenslerin yaygın kullanımına engel teşkil etmektedir. Multifokal GİL'leriyle ilgili bildirilen en önemli olumsuzluk nedenlerinden biri; lensin ışık enerjisini iki veya daha fazla görüntü için bölmesidir. Bu durum kontrast duyarlılığın azalmasına yol açar. Ayrıca hayalet imajlar da multifokal GİL kullanımında kaçınılmaz biçimde görülmektedir. Hayalet imajlar ışık yansımaları ve halkaları veya bulanık halkalar olarak tanımlanmaktadır. Bu hayalet görüntülerin oluşmasının nedeni uzak mesafe için oluşan keskin görüntünün fokus görüntüsüyle çakışmasındandır. Bu durum özellikle gece koşullarında daha belirgindir (116, 117). Diğer bir dezavantaj ise; multifokalitede bir akstan diğerine sürekli değişkenlik gösteren görüntü, primer veya cerrahiye sekonder astigmatizma ile birlikte optik aberasyon miktarını artıracığı için çözümü zor bir nöroadaptasyon sürecine yol açabilir. Bu nedendir ki multifokalite ve astigmatizma birlikteliği hasta mutsuzluğu için çok daha önemli bir neden oluşturur (118).

Son olarak wavefront ölçüm araştırmalarında GİL'lere eklenen yeni özelliklerin wavefront sapmalarını ne şekilde değiştirdikleri araştırılmış ve bu konuda Rocha ve arkadaşları (80) mavi filtreli asferik Acrysof IQ, mavi filtreli sferik Acrysof Natural, sferik Sensar AR40e lenslerini implante ettikleri kataraktlı gözlerde Acrysof IQ' lensinin diğer lenslere göre daha az SA'ya neden olduğunu bulmuşlardır. Acrysof Natural ile Sensar AR40e arasında SA açısından fark bulunamaması mavi filtre özelliğinin SA üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını ve burada esas etkenin lensin asferisitesinin olduğunu düşündürmektedir.

Optik kaliteyi değerlendirmemize yarayan diğer iki önemli parametre görme keskinliği ve kontrast sensitivitedir. Sferik ve asferik GİL'lerin görme keskinliğine olan etkilerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda farklı sonuç ve yorumlara rastlamak mümkündür. Bazı çalışmalar asferik GİL'lerin SA ve total yüksek sıralı aberasyonları azaltarak görme keskinliğini artırdığını savunsa da bazıları sferik GİL'lerin fokus derinliğini artırarak hastalarda daha tatmin edici bir görme düzeyi sağladığını belirtmişlerdir. Bazı çalışmalarda ise iki lens arasında farklılık olmadığı belirtilmiştir. Örneğin Shinichiro ve arkadaşları 41 hastanın 82 gözüne katarakt cerrahisi sonrası bir göze asferik Tecnis ZA9003 ve diğer göze sferik Sensar AR40e implante etmişler ve ameliyat sonrası 1.ayda her iki lens arasında düzeltilmiş görme keskinliği açısından anlamlı bir fark bulamamışlardır (119). Bir diğer örnek Rocha ve arkadaşları Alcon Acrysof IQ, Acrysof Natural ve AMO Sensar ile yaptıkları çalışmada üç grup arasında görme keskinliği açısından fark bulamamışlardır (80). Buna rağmen Bellucci ve arkadaşları asferik Tecnis Z9000 ile sferik Alcon Acrysof SA60AT'yi karşılaştırdıkları bir çalışmada Tecnis ile belirgin olarak artmış bir görme keskinliği elde etmişlerdir (120). Mester ve arkadaşları (130) da Tecnis'in sferik GİL'lere göre daha iyi görme keskinliğine sahip olduğunu savunmuşlardır. Bu güne kadar yapılmış en geniş kapsamlı çalışma olan Moorfields GİL çalışma grubunun raporunda 79 hastaya asferik Tecnis Z9000 ve 100 hastaya sferik Acrysof MA60AC lensleri bilateral implante edilmiş. Bu çalışmada SA ve total yüksek sıralı aberasyonlar Tecnis grubunda belirgin olarak düşükken görme keskinliği, disfotopsi, kontrast sensitivite gibi

diğer parametreler her iki grupta benzerlik göstermekte idi (88). Son zamanlarda asferik Acrysof IQ ile sferik Acrysof GİL' lerinin kıyaslandığı birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların çoğunda iki lens arasında görme keskinliği açısından belirgin fark saptanmazken kontrast sensitivite açısından çalışmalar arasında farklı sonuçlar izlenmektedir (78, 122). Bizim çalışmamızda da Acrysof SN60WF ve Acrysof SA60AT görme keskinliği açısından karşılaştırılmasında Alcon grubunda sferik ve asferik lens uygulaması sonrasında elde edilen görme keskinliği ortancaları istatistiksel olarak farksızdı ($p=0.128$). Ancak kontrast duyarlılık asferik grupta anlamlı olarak yüksekti ($p<0.001$). Genel olarak yapılan çalışmalarda sferik ve asferik lenslerde görme keskinliğinde belirgin fark olmamakla beraber çalışmamızda kullandığımız diğer lens olan Rayner'in sferik ve asferik tiplerinde görme keskinliği anlamlı olarak asferik grupta daha yüksekti ($p<0.002$). Biz bu sonucun asferik Rayner'in nötral bir asferik lens olması nedeni ile hem aberasyonları azaltıcı etkisine hem de fokus derinliğini azaltmayı yakın ve ara mesafe okumayı artırıcı etkisine sekonder olduğunu düşünüyoruz.

Wavefront aberasyon ölçümü ve görme keskinliği vizüel sistemin sadece retina kadar olan kısmını değerlendirirken kontrast sensitivite retina sonrasındaki nöral transfer sistem hakkında da fikir sahibi olmamızı sağlar. Kontrast sensitivite fonksiyonel görme gibi kompleks bir kavramla iç içedir. Fonksiyonel görme kavramı yüzleri net olarak tanıma, rahatça gazete okuma, gece zorlanmadan araba sürme, mesleki görevleri yerine getirebilme ve eğlenceli aktivitelere kolaylıkla katılabilme gibi yaşam kalitesiyle ilgili fonksiyonları içerir. Yani fonksiyonel görme sadece görme keskinliği ile değerlendirilemez. Örneğin görme keskinliği 20/20 olan bir kişide gün doğumu veya batımında güneşe karşı araba sürerken fonksiyonel görmesinde problem olabilir. Çünkü fonksiyonel görmenin içinde kontrast sensitivite ve glare etkisi gibi durumlar mevcuttur. Çalışmalar fonksiyonel görmenin en güçlü indikatörü olarak kontrast sensitiviteyi göstermektedir. Snellen görme keskinliği ölçümleri ile saptanamayan fonksiyonel görme defektleri kontrast sensitivite testleri ile saptanabilir (123). Yüksek optik kalite için yüksek kontrast sensitivite gerekmektedir (66).

Kontrast sensitivite ölçümleri birçok testle yapılabilir. Örneğin Vistech, F.A.C.T, Vectör vision CSV1000 gibi testler birçok uzaysal frekansta kontrast sensitiviteyi değerlendirebilir. Ancak bu testlerin özellikle katarakt hastaları gibi yaşlı popülasyonda uygulanması zordur ve tekrarlanabilirliği düşüktür (124). Kontrast sensitivite değerlendirmesinde bir başka yöntem de harf eşelleridir ve bunun en bilinen örneği Pelli Robson kartıdır. Pelli Robson ve benzeri eşellerde kontrast sensitivite tek bir harf boyutunda ve sadece bir uzaysal frekansta değerlendirilir (66). Birçok çalışmada kontrast sensitivitenin Pelli Robson kartı ile değerlendirilmesi başarılı bulunmuştur (125,126). Pelli Robson kartı kolaylıkla uygulanabilmesi, tekrarlanabilmesi ve rahatlıkla değerlendirilebilmesi açısından tercih edilmektedir. Biz de çalışmamızda özellikle yaşlı popülasyonda kolay uygulanabilirlik ve tekrarlanabilirlik özeliğinden dolayı Pelli Robson kartından esinlenerek yapılan ve mevcut çalışmalarda yüksek güvenilirlik elde edilmiş olan Hemalton Veale kontrast sensitivite kartı kullandık.

Wavefront aberasyonları ve kontrast sensitivite arasındaki ilişkiye bakacak olursak yüksek sıralı aberasyonlar kontrastı azaltarak optik transfer fonksiyonu bozabilir. Düşük sıralı aberasyonlar yüksek uzaysal frekanslarda azalmaya neden olurken, yüksek sıralı aberasyonlar tüm uzaysal frekanslarda negatif etkiye neden olur. Diğer bir ifadeyle yüksek sıralı aberasyon seviyesi arttıkça kontrast sensitivitenin tüm frekanslarında azalma olur (56).

Daha önceden bahsedildiği üzere özellikle SA ve koma miktarı arttığında özellikle kontrast duyarlılıkta azalma, glare, halo, gece görüşünde azalma meydana gelir (98). Sferik ve asferik GİL'lerinin kontrast sensitiviteye ve optik kaliteye etkisi üzerinde çok sayıda ve farklı sonuçlar içeren çalışmalar vardır. Son zamanlarda yapılan iki çalışmada +0.10µm SA'ya sahip opere gözlerde hem fotopik hem mezopik şartlarda kontrast sensitivitenin en iyi olduğu gösterilmiştir (90,127). Yine Kasper ve arkadaşları 40 göz (20 hasta) ile yaptıkları bir çalışmada asferik GİL Tecnis Z90) ve sferik GİL Sensar AR40e'yi kıyaslamışlar. Bu çalışmada her iki GİL grubu arasında görme keskinliği ve kontrast sensitivite açısından anlamlı fark bulamamışlardır (76). Rocha ve arkadaşları (80) 60 hastada Alcon Acrysof IQ, Acrysof Naturel ve AMO Sensar GİL'leri arasındaki

aberrasyon ve kontrast sensitivite değerlerini kıyaslamışlar ve Acrysof IQ GİL'inin diğer GİL'ler ile kıyaslandığında SA'yı ve diğer yüksek sıralı aberrasyonları belirgin olarak azalttığını göstermişlerdir. Ancak her üç GİL grubu arasında kontrast sensitivite açısından istatistiksel olarak fark saptanmamıştır. Yuang su ve arkadaşları 40 gözde sferik Acrysof ve asferik Tecnis GİL'lerini kıyaslamışlar ve Tecnis GİL'inde total yüksek sıralı aberrasyon ve primer SA'nın Tecnis GİL grubunda belirgin olarak az olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışmada da her iki GİL arasında kontrast duyarlılık açısından anlamlı fark saptanmamıştır (77). Tecnis Z9000 ve Acrysof MA60AC lenslerinin kıyaslandığı bir çalışmada Tecnis grubunda SA'nın ve total yüksek sıralı aberrasyonların belirgin olarak düşük, ancak görme kalitesi, disfotopsi, kontrast sensitivite ve kişisel vizüel fonksiyon gibi diğer parametrelerin her iki grupta benzer olduğu gösterilmiştir (88).

Bazı araştırmacılar ise asferik GİL'lerin kontrast sensitivite üzerinde belirgin pozitif etkileri olduğunu savunmuşlardır. Örneğin Kohnen ve arkadaşları 52 gözde sferik Alcon SN60AT ve asferik Alcon SN60WF lenslerini kıyaslamışlar ve mezopik görme keskinliği, fotopik ve mezopik kontrast sensitivite değerlerinin asferik grupta daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir (78). Benzer şekilde Kim ve arkadaşları 48 gözde asferik Tecnis ZA9003 ve sferik Acrysof SA60AT GİL'lerini kıyaslamışlardır ve bu çalışmada her iki grup arasında görme keskinliğinde farklılık saptanmazken kontrast sensitivite asferik grupta daha yüksek bulunmuştur (79). Patric ve arkadaşları 50 gözde asferik Tecnis Z9001 ve sferik ClariFlex GİL'lerini kıyaslamışlar her iki grup arasında görme keskinliğinde farklılık saptanmazken kontrast duyarlılık asferik grupta daha yüksek bulunmuştur (128).

Biz çalışmamızda 30 gözde sferik Alcon Acrysof SA60AT ve yine 30 gözde asferik Alcon Acrysof IQ SN60WF kullandık ve bu iki lensi kontrast duyarlılık açısından karşılaştırdık. Asferik lens uygulanan grubun log kontrast duyarlılık ortancası sferik lens uygulanan gruptan istatistiksel olarak da anlamlı miktarda daha yüksekti ($p<0.001$). Acrysof IQ'da kullanılan her iki lensin materyal özelliği, optik çapı, RI değeri aynı olduğu için ayrıca Acrysof IQ'da olan mavi ışığı filtre etme özelliği wavefront ölçümlerini etkilemediğini bildiğimiz için bu iki lens

arasındaki kontrast duyarlılık farkının asferik yüzey özelliğinden kaynaklandığını düşünüyoruz. Ayrıca kullandığımız asferik Rayner lens uygulanan grubun log kontrast duyarlılık ortancası sferik lens uygulanan gruptan istatistiksel olarak da daha yüksekti ($p<0.001$). Hem Alcon hem de Rayner lenslerinin asferik dizaynlarında kontrast duyarlılığın istatistiksel olarak daha yüksek saptanmasının sferik ve diğer yüksek sıralı aberasyonların asferik lens grubunda daha düşük olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Bellucci ve arkadaşları (120) Tecnis ve Acrysof IQ ve Acrysof SA60AT GİL'lerini kıyaslamışlar ve görme keskinliğinin Tecnis grubunda belirgin iyi olduğunu belirtmişlerdir. Buna rağmen Tecnis'in kontrast sensitiviteye ve günlük fonksiyonlara olan etkisinin görme keskinliğine göre daha iyi olduğunu da vurgulamışlardır. Peki, asferik bir GİL'de en iyi kontrast sensitivite hangi miktarda rezüdü SA ile elde edilebilir? Son zamanlarda Beiko'nun yaptığı bir çalışmada (129) +0,10 μm SA'nın Tecnis veya IQ kullanımından bağımsız olarak kontrast sensitiviteyi önemli miktarda düzelttiği öne sürülmüştür. Bu çalışmada anterior korneal SA'nın +0,37 μm olduğu küçük bir gruba Tecnis GİL implantasyonu yapılmış ve Tecnis'in -0.27 μm negatif SA etkisiyle elde edilen +0,10 μm SA'nın hem mezopik hem de fotopik koşullarda kontrast sensitiviteyi artırdığı; aynı şekilde anterior korneal SA'nın +0,27 μm olan ve IQ GİL uygulanan grupta elde edilen +0,10 μm SA'nın kontrast sensitivitede benzer düzelme sağladığı, üstelik sıfır SA'nın kontrast sensitivitede daha az düzelme sağladığı belirtilmiştir. Bu nedenle SA sıfırlanmasının kontrastı yeterli düzeye çıkarmadığı düşünüldüğü için nötral asferik lensler üretilmiştir. Rezüdü SA olması kontrast sensitivite üzerine olumlu bir etki oluşturmaktadır. Buna rağmen bazı çalışmalarda da negatif SA'ya sahip lensler ve nötral lensler arasında kontrast duyarlılık açısından fark bulunamamıştır. Örneğin Akreos AO anterior ve posterior yüzeyde asferisiteye sahip, negatif SA etkisi olmayan nötral bir asferik GİL'dir. Xingchao ve arkadaşları asferik Tecnis Z9001, asferik Akreos AO ve sferik KS-1 GİL'lerini değerlendirdikleri çalışmada Tecnis Z9001 ile belirgin olarak azalmış SA (0.022 μm), Akreos AO'da rezüdü SA (0.141 μm) ve sferik bir GİL olan KS-1'de belirgin SA (0.211 μm) değerlerini bulmuşlar. Her iki asferik

GİL sferik GİL'e göre SA'yı belirgin olarak azaltırken, iki asferik GİL arasında da anlamlı bir fark bulmuşlardır. Katarakt cerrahisinden üç ay sonra üç grup arasında yakın ve uzak görme keskinliğinde anlamlı fark yokken sferik GİL'e göre iki asferik GİL'de belirgin artmış kontrast sensitivite tespit etmişler ve iki asferik GİL arasında kontrast sensitivitede anlamlı fark bulamamışlardır (87). Ayrıca daha önceden bahsedildiği üzere Johanson ve arkadaşları bir miktar SA olmasını fokus derinliği artışı sağladığı için bir avantaj olarak görmüşlerdir. Bu çalışmada Tecnis Z9001 ile SA'nın tam olarak düzeltilmesi ya da Akreos AO ile rezüdü olarak kalması uzak ve yakın görme keskinliğini, kontrast sensitiviteyi ya da glare sensitiviteyi belirgin olarak etkilememiştir (83). Kullandığımız Rayner nötral bir asferik lenstir ve bu anlamda negatif SA etkisi olan diğer bir asferik lenisle kıyaslanması bu konudaki farklı görüş ayrılıklarının aydınlatılmasında faydalı olabilir. Sonuç olarak birçok çalışma sıfırlansın veya sıfırlanmasın SA'da azalmanın fonksiyonel görmeyi ve kontrast sensitiviteyi artırdığı yönündedir. Ayrıca bir diğer ayrıntı da tüm GİL'ler kıyaslandığında akrilik GİL'ler kontrast sensitiviteyi daha iyi düzeltebilmiştir (121,130). Çalışmamızda kullandığımız Alcon hidrofobik akrilik, Rayner ise hidrofilik akrilik yüzeye sahiptir. Sferik ve asferik gruplar arasında materyal farklılığı olmadığı için kontrast sensitivite sonuç farklılıklarımızın asferik dizayn özelliğine bağlı olduğu kanısındayız.

Kontrast sensitivite kalitesinden beklenen hem mezopik hem de fotopik şartlarda uzaysal frekanslarda iyileşmedir. Peki, mevcut asferik GİL'ler bu beklentiyi karşılayabilmiş midir? Tecnis özellikle daha yüksek uzaysal frekanslarda konvansiyonel GİL'leri gölgede bırakmıştır (120,131). Bir çalışmada Tecnis'in 18 cpd'de kontrast sensitivitede % 100 düzelme sağladığı konvansiyonel GİL'in ise aynı uzaysal frekansta % 50 düzelme sağladığı belirtilmiştir (121). Diğer çalışmalarda daha düşük uzaysal frekanslarda farklılıklar daha belirgindir (68,131,132). Denoyer ve arkadaşları (133) Tecnis Z9000 ile sferik lens olan Cee On Edge'yi kıyaslamışlar, Tecnis'in mezopik kontrast sensitiviteyi belirgin olarak iyileştirdiği ancak fotopik ve glare durumlarında belirgin fark olmadığını söylemişlerdir. Caporosi ve arkadaşlarının (134) Tecnis Z9000, Acrysof IQ ve Sofport AO lenslerini kıyasladığı bir

çalışmada tüm asferik GİL'lerde fotopik durumlarda 12 ve 18 cpd'de ve mezopik durumlarda tüm uzaysal frekanslarda iyileşme bildirmişler ancak GİL'ler arasında anlamlı farklılık saptamamışlar. Yine Pandida ve arkadaşları (135) asferik grupta glareli ve glaresiz mezopik koşullarda tüm uzaysal frekanslarda iyileşme bildirmişken, Tzeliks ve arkadaşları (136) glareli mezopik durumlarda yüksek uzaysal frekanslarda belirgin farklılık olmadığını rapor etmiştir. Awwad ve arkadaşları (137) ise asferik lenslerde kontrast sensitivitede sadece 12 ve 18 cpd'de iyileşme bildirmişlerdir.

Görüldüğü gibi literatürde ızgara testleri ile yapılan çalışmalar farklı aydınlatma şartlarında ve farklı uzaysal frekanslarda birbiri ile belirgin farklılıklar gösterdiğinden bu durum kafa karıştırıcı olabilir. Bu nedenle Pelli Robson kartındaki gibi harf eşeli ile tek bir uzaysal frekansta yapılan ölçümler daha pratik ve anlaşılır olabilir. Bu testin otörleri tek uzaysal frekanstaki bu ölçümün, görme keskinliği ile birlikte değerlendirildiğinde hastanın her türlü kontrast duyarlık kaybını saptamak için yeterli olacağını öne sürmektedir (47,48). Ravy ve arkadaşları (66) fotopik şartlarda 1 metre mesafeden Pelli Robson kartı kullanarak asferik Tecnis Z9000, asferik Acrysof SN60WF ve asferik Akreos AO GİL'lerinin kontrast sensitiviteye olan etkilerini değerlendirmişler ve bu üç GİL'in ortalama logaritmik kontrast sensitivite değerleri arasında anlamlı fark saptamamışlardır. Bu nedenle biz çalışmamızda sadece fotopik şartlarda ve tek bir uzaysal frekansta 1 metre mesafeden harf eşeli ile çalışarak net bir sonuç almayı hedefledik. Kontrast sensitivite testimizin pratik olarak uygulanabilmesi, tekrarlanabilmesi ve kolaylıkla yorumlanabilmesi bizim için bir avantaj oluşturdu. Sonuçlarımızın çalışmada kullandığımız GİL'lerin kontrast sensitiviteye olan etkileri hakkında yeterince fikir verdiği kanaatindeyiz.

Bu çalışmamızın sonucu olarak Alcon sferik ve asferik lenslerinin görme keskinliği üzerine olan etkileri aynı olsa da kontrast duyarlılık asferik grupta belirgin olarak yüksekti. Rayner'de ise görme keskinliği ve kontrast duyarlılık asferik grupta belirgin olarak daha fazlaydı. Ayrıca Rayner asferik dizaynının koma değerleri sferik olandan farklılık göstermese de, SA ve total yüksek sıralı aberasyonlar asferik grupta belirgin olarak düşüktü. Gerek materyal, gerek optik

apı ve kenar özelliği ve gerekse refraktif indeks yönünden aralarında hiçbir farklılık olmayan bu iki tip Rayner lenslerinin ölçümlerindeki farklılığın tamamen asferik dizayn özelliğinden kaynaklandığını düşünüyoruz. Ayrıca literatürde Rayner'in sferik ve asferik dizaynlarının kıyaslandığı benzer bir çalışma bulunmadığından bizim çalışmamızın bu anlamda öncülük edeceği ve göz hekimlerine GİL uygulamasına yönelik yeni bir seçenek sunacağı ümidi içerisindeyiz.

SONUÇLAR

1. Alcon Acrysof sferik SA60AT ve asferik SN60WF lens uygulaması sonrasında elde edilen görme keskinliği ortancaları istatistiksel olarak farksızdı ($Z=1.524$; $p=0.128$).
2. Asferik SN60WF lens uygulanan grubun log kontrast duyarlılık ortancası sferik SA60AT lens uygulanan gruptan istatistiksel olarak da anlamlı miktarda daha yüksek saptanmıştı ($Z=3.801$; $p<0.001$).
3. Rayner Süperflex 620H sferik ve asferik 920H lens uygulaması sonrasında elde edilen görme keskinliği ortancaları istatistiksel olarak farklıydı ($Z=2.801$; $p=0.005$). Asferik lens uygulanan grubun görme keskinliği oranı sferik lens uygulanan grubun görme keskinliği oranından daha yüksekti.
4. Asferik Rayner Süperflex 920H lens uygulanan grubun log kontrast duyarlılık ortancası sferik Rayner Süperflex 620H uygulanan gruptan istatistiksel olarak da anlamlı miktarda daha yüksek olduğu gösterilmişti ($Z=3.979$; $p<0.001$).
5. Sferik ve asferik Rayner lens uygulanan gruplar arasında SA açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardı ($t=3.128$; $p=0.003$). Sferik lens uygulanan hastaların SA ortalaması asferik lens uygulanan hastalara göre daha yüksek olduğu saptanmıştı.
6. Vertikal koma açısından sferik ve asferik Rayner lens uygulanan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu ($t=1.025$; $p=0.310$).
7. Horizontal koma açısından sferik ve asferik Rayner lens uygulanan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu ($Z=1.153$; $p=0.249$).
8. Sferik ve asferik Rayner lens uygulanan gruplar arasında total yüksek sıralı aberasyon açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardı ($Z=3.092$; $p=0.002$). Sferik lens uygulanan grubun total yüksek sıralı aberasyon ortancası asferik lens uygulanan grubun ortancasından istatistiksel olarak anlamlı miktarda daha büyük saptanmıştı.

KAYNAKLAR

1. The Eye M.D Association. American Academy of Ophtalmology. In: O'Dwyer PA, editor. Lens ve katarakt. Ankara: Güneş kitabevi, 2008-2009; 11: 5-9.
2. Assia EL, Apple DJ. Side-view analysis of the lens-11. Positioning intraocular lenses. Arch Ophth 1992; 110: 94-7.
3. Özçetin H. Cerrahi lens. Tamçelik N, editör. Fakoemülsifikasyon. Bursa: TOD Eğitim Yayınları, 2004; 1-10.
4. Blumenthal M. Reducing the nucleus size during manual ECCE. TOD 28. Ulusal Kongre Bülteni, Antalya: 1994.
5. The Eye M.D Association. American Academy of Ophtalmology. In: O'Dwyer PA, editor. Lens ve katarakt. Ankara: Güneş kitabevi, 2008-2009; 11: 25-42.
6. Jaffe NS, Horvitz J. Lens and Cataract. Textbook of Ophthalmology. Sixth ed. St Louis: Mosby Company, 1992; 3: 1.
7. Snell RS, Lemp MA. The eyeball. In: Clinical anatomy of the eye. Oxford: Blackwell Scientific, 1989; 119-94.
8. Saude T. The internal ocular media. In: Ocular anatomy and physiology. Oxford: Blackwell Scientific, 1993; 36-52.
9. Kincaid MC. Pathology of Lens. In: Tasman W, Jaeger EA, editors. Duane's Ophthalmology. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2007; vol. 3, chapter 12, 232-51.
10. Satıcı A, Çam V. Lens kalınlığının yaş ve aksiyel uzunlukla ilişkisi. T Klin Oftalmoloji 1998; 7: 165-8.
11. Kuszak KR, Deutsch A, Brown HG. Anatomy of aged and senile cataractous lenses. Albert DM, Jacobiec FA, editors. Principles and Practice of Ophthalmology. W.B. Saunders Company, 1994; 564.

12. Malbran ES, Maibran EJ, Negri I. Lens guide suture for transport and fixation after intracapsular extraction. *Int. Ophthalmology* 1986; 9: 151-60.
13. Keklikçi U. Doğumsal kataraktlarda cerrahi tedavi endikasyonları ve optik rehabilitasyon. *Dicle Tıp Dergisi* 2005; 32 (1): 47-51.
14. Phelps CD. Examination and functional evaluation of crystalline lens. In: Duane TD, Jaeger EA, editors. *Clinial Ophthalmology*. Philadelphia: Harper and Row Publishers, 1986; 1-23.
15. Meyer D, Liebenberg P. Cataract etiology: a comprehensive review. In: Agarwal S, Agarwal A, Apple DJ, Buratto L, Alio JL, Pandey SK, editors. *Textbook of ophthalmology*. 1st ed, volume 3. New Delhi: Jaypee Brothers MP Ltd, 2002; 1587-619.
16. Kador PF. Biochemistry of the lens. In: Albert DM, Jakobiec FA, editors. *Principles and practice of ophthalmology. Basic sciences*. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1994; 147-65.
17. Takmaz T. Kataraktın etyolojisi ve epidemiyolojisi. 29. Ulusal Oftalmoloji Kursu 2009; 29-42.
18. The Eye M.D Association. American Academy of Ophtalmology. In: O'Dwyer PA, editor. *Lens ve katarakt*. Ankara: Güneş kitabevi, 2008-2009; 11: 91-161.
19. Floyd RP. History of Cataract Surgery. In: Albert DM, Jacobiec FA, editors. *Principles and Practice of Ophthalmology. Vol 1*, W.B. Saunders Company, 1994, 606-13.
20. Meri JW. *Ophthalmology. Medieval Islamic Civilization an Encyclopedia*. New York: Taylor Francis, 2006; 578.
21. Pape LC, Balazs EA. The use of sodium hyaluronate (Healon) in human anterior segment surgery. *Ophthalmology* 1980; 87: 699-705.
22. Kelman CD. Phacoemulsification. In: Jaffe S, editors. *Cataract surgery and its complications*. CV Mosby Company, 1981; 130-4.
23. Kelman CD. Phacoemulsification and aspiration. *Am J Ophthalmol* 1967; 64: 23-35.

24. Norman S, Jaffe MD. Planned ECCE treats cornea better than phaco in prospective evaluation. *Ocular Surgery News* 1989; 16: 7.
25. Göker S. Fakoemülsifikasyon ile small incision ekstrakapsüler katarakt ekstraksiyonunda ilk sonuçlar. *T Oft Gaz* 1992; 22: 130-2.
26. Gimbel HV, Neuhann T. Development, advantages, and methods of the continuous circular capsulorhexis technique. *J. Cataract Refract Surg* 1990; 16: 31-7.
27. Ersöz T, Özdemir R, Soylu N. Türk Oftalmoloji Yayınları İndeksi. Adana: Çukurova Üniversitesi Basım evi, 1993; 277-82.
28. Hepşen İF. Güncel Katarakt Cerrahisi ve Komplikasyonları. İstanbul: Fatih Üniversitesi Yayınları, 2007; 54-91.
29. Steinert RF. *Cataract Surgery: Technique, Complications&Management*. Philadelphia: 1995; 271-8.
30. Buratto L. General principles of implantology. In: Buratto L, editor. *Extracapsular cataract microsurgery*. Milano: Piazza Republica, 1989; 7: 183.
31. Packard RBS, Garner A, Arnott EJ. Poly-HEMA as a material for intraocular lens implantation. *Br J Ophthalmol* 1981; 65: 585-7.
32. Barrett GD, Beasley H, Lorenzetti OJ, Rodenthal A. Multicentre trial of an intraocular hydrogel lens implant. *J. Cataract Ref. Surg* 1987; 13: 621-6.
33. Alpar JJ, Fechner PU. Survey of modern lenses, in intraocular lenses. New York: Thlerae Inc, 1986; 178.
34. Steinert RF. *Cataract Surgery: Technique, Complications&Management*, Philadelphia: 1995; 295-301.
35. Rosen ES. Intraocular lenses. *Current Opinion in Ophthalmology* 1994; 1: 44-53.
36. Kayes J. Intraocular lenses, Yesterday, Today and Tomorrow. *Ophthalmology Clinics of North America* 1993; 4: 543-50.
37. Kanski JJ. *Clinical Ophthalmology*. Third ed. Oxford: Reed Educational and Professional Publishing Group, 1994; 295.

38. Wang L, Santaella RM, Booth H, Koch DD. Higher-order aberrations from the internal optics of the eye. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 1512–19.
39. Artal P, Benito A, Tabernero J. The human eye is an example of robust optical design. *J Vision* 2006; 6: 1–7.
40. Chen L, Singer B, Guirao A, Porter J, Williams DR. Image metrics for predicting subjective image quality. *Optom Vis Sci* 2005; 82: 358–69.
41. Charman WN. The Charles W Prentice Award Lecture 2005: optics of the human eye: progress and problems. *Optom Vis Sci* 2006; 83: 335–45.
42. Holladay JT, Piers PA, Koranyi G, van der Mooren M, Norrby NE. A new intraocular lens design to reduce spherical aberration of pseudophakic eyes. *J Refract Surg* 2002; 18: 683–91.
43. Hamer RD, Mayer DL. The development of spatial vision. In: Albert DM, Jacobiec FA, editors. *Principles and Practice of Ophthalmology*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1994; 578-91.
44. Arden GB. The importance of measuring contrast sensitivity in cases of visual disturbance. *Br J Ophthalmol* 1978; 62: 198-209.
45. William T, Edvvard AJ. Glare and Contrast Sensitivity Testing. In: Miller D, editor. *Duane's Ophthalmology on CD-ROM*. Philadelphia: Corporate Technology Ventures, 1995: 6209-385.
46. Fuller DG, Birch DG. Assesment of visual function in eyes with visual loss. In: Gary S.Rubin, editor. *Assessment of visual function for the clinician*. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1989: 357-67.
47. Williamson TH, Strong NP, Aggarval RK, Harrad R. Contrast sensitivity and glare in cataract using the Pelli-Robson chart. *Br J Ophthalmol* 1992; 76: 719-22.
48. William T, Edvvard AJ. The Clinical Utility of Spatial Contrast Sensitivity Testing. In: Seiple HW, editor. *Duane's Ophthalmology on CD-ROM*. Philadelphia: Corporate Technology Ventures, 1995;105: 163-348.
49. Azar DT. Wavefront Analysis. In Gatinel D, Hoang-Xuan T, editors. *Refractive Surgery*. 2nd ed. Philadelphia: Mosby, 2007;117-46.

50. The Eye M.D Association. American Academy of Ophtalmology. In: O'Dwyer PA, editor. Klinik optik. Ankara: Güneş kitabevi, 2007-2008; 3: 318-24.
51. Özçetin H, Sener AB. Myopi ve Tedavisi. Bursa: Nobel, 2002; 51-61.
52. Rabinowitz YS. The genetics of keratoconus. Ophthalmol Clin North Am 2003; 16(4): 607-20.
53. Peter G. How to provide High-Resolution Vision. Rev optom. Online. 2006/December. *Avaiable from: www.revoptom.com*
54. Applegate RA, Marsack JD, Ramos R, Sarver EJ. Interaction between aberrations to improve or reduce visual performance. J Cataract Refract Surg 2003; 29(8):1487-95.
55. The Eye M.D Association. American Academy of Ophtalmology. In: O'Dwyer PA, editor. Refraktif Cerrahi. Ankara: Güneş kitabevi, 2008-2009; 13: 14-19.
56. Khan S, Rocha G. Cataract surgery and optimal spherical aberration: as simple as you think? Can J Ophthalmol 2008; 43(6): 693-701.
57. Boyd BF, Agarwal A. Wavefront Analysis and Corneal Topography. In: Alio JL, Krueger RR, Wilson SE, editors. Wavefront analysis, aberometers and corneal topography. Panama: Highlights of Ophthalmology, 2003; 217-42.
58. Hiller R, Sperduto RD, Ederer F. Epidemiologic associations with cataract in the 1971-1972 National Health and nutrition Examination Survey. Am J Epidemiol 1983; 118: 239-49.
59. Hiller R, Sperduto RD, Ederer F. Epidemiologic associations with nuclear, cortical and subcapsular cataracts. Am J Epidemiol 1986; 124: 916-25.
60. Jaffe MS, Jaffe GF. Cystoid macular edema. In: Eugenia AK, editor. Cataract surgery and its complications. Fifth ed. St. Louis, Toronto, Princeton: CV Mosby Company, 1990; 426.
61. Ridley H. Further observations on intraocular acrylic lenses in cataract surgery. Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol 1953;57: 98-106.

62. Jaffe NS, Jaffe MS, Jaffe GF. Cataract surgery and its complications. St. Louis: CV Mosby Company, 1990.
63. Üstüner A. Fakoemülsifikasyon cihazları. Türk Oftalmoloji Derneği 28. Ulusal Kongresi Bülteni. Antalya: 1994; 1: 65-6.
64. Holladay JT, Moran JR, Keziran G. Analysis of aggregate surgically induced refractive change, prediction error and intraocular astigmatism. J Cataract and Refract Surg 2001; 27 (1): 61-79.
65. Beasley H. Keratometric changes after cataract surgery. Trans Am Ophthalmol Soc 1967; 65 (1): 168-88.
66. Nabh R, Ram J, Pandav SS, Gupta A. Visual performance and contrast sensitivity after phacoemulsification with implantation of aspheric foldable intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2009; 35(2): 347-53.
67. Guirao A, Redondo M, Artal P. Optical aberrations of the human cornea as a function of age. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis 2000; 17: 1697-702.
68. Packer M, Fine IH, Hoffman RS, Piers PA. Improved functional vision with a modified prolate intraocular lens. J Cataract Refract Surg 2004; 30: 986-92.
69. He JC, Gwiazda J, Thorn F, Held R. Wave-front aberrations in the anterior corneal surface and the whole eye. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis 2003; 20: 1155-63.
70. Brunette I, Bueno JM, Parent M, Hamam H, Simonet P. Monochromatic aberrations as a function of age, from childhood to advanced age. Invest Ophthalmol Vis Sci 2003; 44: 5438-46.
71. Applegate RA, Thibos LN, Hilmantel G. Optics of aberroseopy and süper vision. J Cataract Refract Surg 2001; 27: 1093-107.
72. Barbero S, Marcos S, Jime'nez-Alfaro I. Optical aberrations of intraocular lenses measured in vivo and in vitro. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis 2003; 20: 1841-51.
73. Beiko G, Haigis W, Steinmueller A. Distribution of corneal spherical aberration in a comprehensive ophthalmology practice and whether

- keratometry can predict aberration values. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33: 848–58.
74. Packer M, Fine IH, Hoffman RS. Aspheric intraocular lens selection based on corneal wavefront. *J Refract Surg* 2009; 25(1): 12-20.
 75. Beiko GHH. Aspheric IOLs matching corneal and IOL wavefront. In: Chang DF, editor. *Mastering Refractive IOLs; the Art and Science*. Thorofare, NJ, Slack 2008; 278–81.
 76. Kasper T, Bühren J, Kohnen T. Visual performance of aspherical and spherical intraocular lenses: intraindividual comparison of visual acuity, contrast sensitivity, and higher-order aberrations. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32(12): 2022-9.
 77. Su PY, Hu FR. Intraindividual comparison of functional vision and higher order aberrations after implantation of aspheric and spherical intraocular lenses. *J Refract Surg* 2009; 25(3): 265-72.
 78. Kohnen T, Klapproth OK, Bühren J. Effect of intraocular lens asphericity on quality of vision after cataract removal: an intraindividual comparison. *Ophthalmology* 2009; 116(9): 1697-706.
 79. Kim SW, Ahn H, Kim EK, Kim TI. Comparison of higher order aberrations in eyes with aspherical or spherical intraocular lenses. *Eye (Lond)* 2008; 22(12): 1493-8.
 80. Rocha K, Soriano E. Wavefront analysis and contrast sensitivity of aspheric and spherical intraocular lenses: a randomized prospective study. *Am. J Ophthalmol* 2006; 142: 750-6.
 81. Dick HB. Recent developments in aspheric intraocular lenses. *Curr Opin Ophthalmol* 2009; 20(1): 25-32.
 82. Sandoval HP, Fernandez de Castro LE, Vroman DT, Solomon KD. Comparison of visual outcomes, photopic contrast sensitivity, wavefront analysis, and patient satisfaction following cataract extraction and IOL implantation: aspheric vs spherical acrylic lenses. *Eye* 2008; 22: 1469–75.
 83. Johanson B, Sundelin S, Wikberg-Matsson A, Unsbo P, Behndig A. Visual and optical performance of the Akreos Adapt Advanced Optics and

- Tecnis Z9000 intraocular lenses. Swedish multicenter study. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33: 1565–72.
84. Rocha KM, Soriano ES, Chamon W, Chalita MR, Nose' W. Spherical aberration and depth of focus in eyes implanted with aspheric and spherical intraocular lenses; a prospective randomized study. *Ophthalmology* 2007; 114: 2050–54.
 85. Padmanabhan P, Rao SK, Jayasree R, Chowdhry M, Roy J. Monochromatic aberrations in eyes with different intraocular lens optic designs. *J Refract Surg* 2006; 22: 172–7.
 86. Holladay J. Spherical aberration: the next frontier. *Cataract Refract Surg Today* 2006; 6: 95-101.
 87. Shentu X, Tang X, Yao K. Spherical aberration, visual performance and pseudoaccommodation of eyes implanted with different aspheric intraocular lens. *Clin Experiment Ophthalmol* 2008; 36(7): 620-4.
 88. Moorfields IOL Study Group, Allan B. Binocular implantation of the Tecnis Z9000 or AcrySof MA60AC intraocular lens in routine cataract surgery: prospective randomized controlled trial comparing VF-14 scores. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33: 1559–64.
 89. Marcos S, Barbero S, Jimenez-Alfaro I. Optical quality and depth-of-field of eyes implanted with spherical and aspheric intraocular lenses. *J Refract Surg* 2005; 21: 223–35.
 90. Levy Y, Segal O, Avni I, Zadok D. Ocular higher-order aberrations in eyes with supernormal vision. *Am J Ophthalmol* 2005; 139: 225-8.
 91. Amesbury EC, Schallhorn SC. Contrast sensitivity and limits of vision. *Int Ophthalmol Clin* 2003; 43: 31-42.
 92. Applegate RA, Sarver EJ, Khemsara V. Are all aberrations equal? *J Refract Surg* 2002; 18: 556-62.
 93. Joslin CE, Wu SM, McMahon TT, Shahidi M. Higher-order wavefront aberrations in corneal refractive therapy. *Optom Vis Sci* 2003; 80: 805–11.

94. Artal P, Fernandez EJ, Manzanera S. Are optical aberrations during accommodation a significant problem for refractive surgery? *J Refract Surg* 2002; 18: 563–6.
95. Wang L, Koch DD. Ocular higher-order aberrations in individuals screened for refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29: 1896–903.
96. Wang Y, Zhao K, Jin Y, Niu Y, Zuo T. Changes of higher order aberration with various pupil sizes in the myopic eye. *J Refract Surg* 2003; 19(2): 270-4.
97. Marsack JD, Thibos LN, Applegate RA. Metrics of optical quality derived from wave aberrations predict visual performance. *J Vis* 2004; 4: 322–8.
98. Kuroda T. Wavefront analysis in eyes with nuclear or cortical cataract. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28(3): 438-44.
99. Kasper T, Bühren J. Visual performance of aspherical and spherical intraocular lenses: Intraindividual comparison of visual acuity, contrast sensitivity and high order aberrations. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32: 22.
100. Choi J, Kim T, Tchah H. Comparison of wavefront aberration after cataract surgery with acrylic intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 324-9.
101. Munoz G, Albarran-Diego C. Spherical aberration and contrast sensitivity after cataract surgery with the Tecnis Z9000 intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32: 1320-7.
102. Bellucci R, Morselli S, Piers P. Comparison of wavefront aberrations and optical quality of eyes implanted with five intraocular lenses. *J Refract Surg* 2004; 20: 297-306.
103. Atchison DA. Design of aspheric intraocular lenses. *Ophthalmic Physiol Opt* 1991; 11: 137–46.
104. Altmann GE, Nichamin LD, Lane SS, Pepose JS. Optical performance of 3 intraocular lens designs in the presence of decentration. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 574–85.

105. Oshika T, Kawana K, Hiraoka T, Kaji Y, Kiuchi T.. Ocular high-order wavefront aberration caused by major tilting of intraocular lens. *Am J Ophthalmol* 2005; 140(4): 744-6.
106. Pesudovs K, Dietze H, Stewart OG, Noble BA, Cox MJ.. Effect of cataract surgery incision location and intraocular lens type on ocular aberrations. *J Cataract Refract Surg.* 2005; 31(4): 725-34.
107. Padmanabhan P, Sanders DR. Wavefront aberrations in eyes with Acrysof monofocal intraocular lenses. *J Refract Surg* 2006; 22: 237-42.
108. Smith G, Atchison DA. *The Eye and Visual optic Instruments.* Cambridge: Cambridge University Pres, 1997.
109. Martin RG, Sanders DR. A comparison of higher order aberrations following implantation of four foldable intraocular lens designs. *J Refract Surg* 2005; 21: 716-21.
110. Uchio E, Ohno S, Kusakawa T. Spherical aberration and glare disability with intraocular lenses of different optical designs. *J Cataract Refract surg* 1995; 21: 690-6.
111. Ellis MF. Sharp-edged intraocular lens design as a cause of permanent glare. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27: 1061-4.
112. Caspirini F, Balestrazzi A, Tosi GM. Glare disability and spherical aberration with five foldable intraocular lenses: a prospective randomized study. *Acta Ophthalmol Scandinavica* 2005; 83: 1-20.
113. Vilarrodona L, Barrett GD, Johnson B. High-order aberrations in pseudophakia with different intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30 (3); 571-5.
114. Taketani T, Matsuura E. High-order aberrations with Hydroview H60M and Acrysof MA30BA intraocular lenses; comparative study. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30: 844-8.
115. Kasper T, Bühren J, Kohnen T. Intraindividual comparison of higher-order aberrations after implantation of aspherical and spherical intraocular lenses as a function of pupil diameter. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32(1): 78-84.

116. Dick HB, Krummenauer F, Schwenn O, Krist R, Pfeiffer N. Objective and subjective evolution of photic phenomena after monofocal and multifocal intraocular lens implantation *Ophthalmology* 1999; 106: 1878-86.
117. Javit Javitt JC, Steinert RF. Cataract extraction with multifocal intraocular lens implantation; a multinational clinical trial evaluating clinical, functional and quality of life outcomes. *Ophthalmology* 2000; 107: 2040-8.
118. Phillips P. New Lens, Same Brain: The Importance of Neuroadaption. *Eye Net* 2007 July/August. *Available from: www.aaopt.org/publications/eyenet*.
119. Ohtani S, Miyata K, Samejima T, Honbou M, Oshika T. Intraindividual comparison of aspherical and spherical intraocular lenses of same material and platform. *Ophthalmology* 2009; 116(5): 896-901.
120. Bellucci R, Scialdone A, Buratto L, Morselli S, Chierigo C, Criscuoli A, et al. Visual acuity and contrast sensitivity comparison between Tecnis and AcrySof SA60AT intraocular lenses: A multicenter randomized study. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31(4): 712-7.
121. Kershner RM. Retinal image contrast and functional visual performance with aspheric, silicone, and acrylic intraocular lenses: prospective evaluation. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29: 1684-94.
122. Trueb PR, Albach C, Montés-Micó R, Ferrer-Blasco T. Visual acuity and contrast sensitivity in eyes implanted with aspheric and spherical intraocular lenses. *Ophthalmology* 2009; 116(5): 890-5.
123. Evans DW, Ginsburg AP. Contrast sensitivity predicts age related differences in highway-sign discriminability. *Human Factors* 1985; 27: 637-42.
124. Pesudovs K, Hazel CA, Doran RML, Elliot DB. The usefulness of Vistech and FACT contrast sensitivity charts for cataract and refractive surgery outcomes research. *Br J Ophthalmol* 2004; 88: 11-6.
125. Aggarwal A, Khurana AK, Nada M. Contrast sensitivity function in pseudophakics and aphakics. *Acta Ophthalmol Scand* 1999; 77: 441-3.

126. Bhattacharjee H, Bhattacharjee K, Medhi J. Visual performance: comparison of foldable intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32: 451–5.
127. Grimson JM, Schallhorn SC, Kaupp SE. Contrast sensitivity: establishing normative data for use in screening prospective naval pilots. *Aviat Space Environ Med* 2002; 73: 28–35.
128. Tzelikis PF, Akaishi L, Trindade FC, Boteon JE. Spherical aberration and contrast sensitivity in eyes implanted with aspheric and spherical intraocular lenses: a comparative study. *Am J Ophthalmol* 2008; 145(5): 827-33.
129. Beiko G. Customizing the correction of spherical aberration. *Cataract Refract Surg Today* 2006; 6: 92-4.
130. Mester U, Dillinger P, Anterist N. Impact of a modified optic design on visual function: clinical comparative study. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29: 652-60.
131. Kennis H, Huygens M, Callebaut F. Comparing the contrast sensitivity of a modified prolate anterior surface IOL and of two spherical IOU. *Bull Soc Belge Ophtalmol* 2004; 294: 49-58.
132. Packer M, Fine IH, Hoffman RS, Piers PA. Prospective randomized trial of an anterior surface modified prolate intraocular lens. *J Refract Surg* 2002; 18: 692-6.
133. Denoyer A, Le Lez ML, Majzoub S, Pisella PJ. Quality of vision after cataract surgery after Tecnis Z9000 intraocular lens implantation. Effect of contrast sensitivity and wavefront aberration improvements on the quality of daily vision. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33: 210–6.
134. Caporossi A, Martone G, Casprini F, Rapisarda L. Prospective randomized study of clinical performance of 3 aspheric and 2 spherical intraocular lenses in 250 eyes. *J Refract Surg* 2007; 23: 639–48.
135. Pandita D, Raj SM, Vasavada VA, Vasavada VA, Kazi NS, Vasavada AR. Contrast sensitivity and glare disability after implantation of Acrysof IQ

Natural aspherical intraocular lens. Prospective randomized masked clinical trial. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33: 603–10.

- 136.** Tzelikis P, Akaishi L, Trindade F, Boteon J. Ocular aberrations and contrast sensitivity after cataract surgery with AcrySof IQ intraocular lens implantation. Clinical comparative study. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33: 1918–24.
- 137.** Awwad ST, Warmerdam D, Bowman RW, Dwarakanathan S, Cavanagh HD, McCulley JP. Contrast sensitivity and higher order aberrations in eyes implanted with AcrySof IQ SN60WF and AcrySof SN60AT intraocular lenses. *Refract Surg* 2008; 24(6):619–25.