

**T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI**

**KATARAKTLI HASTALARDA BİOMETRİK ÖLÇÜMLER ÜZERİNDE
FARMAKOLOJİK PUPİL DİLATASYONUNUN ETKİSİ**

Uzmanlık Tezi

Dr. Fatma TEMİZYÜREK

TRABZON - 2018

**T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI**

**KATARAKTLI HASTALARDA BİOMETRİK ÖLÇÜMLER ÜZERİNDE
FARMAKOLOJİK PUPİL DİLATASYONUNUN ETKİSİ**

Uzmanlık Tezi

Dr. Fatma TEMİZYÜREK

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Adem TÜRK**

TRABZON - 2018

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleőtirilmesinde bana yol gösteren ve destek olan değerli tez hocam Doç. Dr. Adem TÜRK'e ve asistanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini benimle paylaőarak yetiőtmem konusunda emek sarfeden değerli bütün hocalarıma, tez hastalarımın ölçümleri sırasında bana yardımcı olan Retina Birimi sorumlu hemőtiresi Hemőtire Sevil YILMAZ'a, asistanlık sürecinde kıdemli olarak bana yol gösteren, bilgi ve öğretilerini benimle paylaőarak karőtılaőtığım zorluklarda bir ağabey olarak bana destek olan ve Őu an uzman doktor olarak mesleğine devam eden Dr. Hikmet DURAN'a, hayatım boyunca sevgi ve merhametini üzerimde hissettiğim aileme ve benden desteklerini esirgemeyen eőtimin ailesine, tanıdığım günden itibaren hayatımın her evresinde yanımda olan, karőtılaőtığım tüm zorlukları benimle birlikte göğüsleyen, hayatımı paylaőtığım çok değerli eőtım Dr. Haydar TEMİZYÜREK'e ve bana yaőtama sevinci veren, varlığına hergün Őkrettiğim oğlum Alparslan ağrı'ya teőtakkr ederim.

Dr. Fatma TEMİZYÜREK

Trabzon, 2018

ÖZET

KATARAKTLI HASTALARDA BİYOMETRİK ÖLÇÜMLER ÜZERİNDE FARMAKOLOJİK PUPİL DİLATASYONUNUN ETKİSİ

Giriş ve Amaç: Günümüzde katarakt cerrahisi bir tür refraktif cerrahi olarak değerlendirilmektedir. Bu yüzden katarakt cerrahisi sonucunda hedeflenen refraktif sonuçlara ulaşmak oldukça önemli bir hale gelmiştir. Bu maksatla katarakt cerrahisi esnasında yerleştirilecek suni göz içi lensin (GİL) gücünün doğru hesap edilmesi gerekmektedir. Katarakt cerrahisi planlanan gözlerde muayenin bir parçası olarak pupil dilatasyonu gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma pupil dilatasyonun biyometrik ölçüm parametreleri ve GİL gücü hesabı üzerine olan muhtemel etkilerini araştırmak amacıyla gerçekleştirildi.

Gereç ve Yöntemler: Çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Kliniği'nde Nisan 2015 - Nisan 2016 tarihleri arasında prospektif olarak gerçekleştirildi. Rutin göz muayeneleri esnasında katarakt teşhisi konulan toplam 67 hasta çalışmaya dahil edildi. Tüm hastaların katarakt cerrahisi planlanan gözleri %1 tropikamid damla ile dilate edildi ve bu gözler 'pupil dilatasyonu uygulanan grup' olarak belirlendi. Aynı hastaların diğer gözleri ise 'kontrol grubu' olarak ele alındı ve dilate edilmedi. Pupil dilatasyonu uygulanan grupta, dilatasyon öncesi ve sonrası olmak üzere biyometrik ölçümler ve GİL gücü hesaplamaları ardışık olarak iki kere yapıldı. Bu esnada kontrol grubundaki gözlerin ölçümleri de aynı anda alındı. İki gruba ait her iki ölçüm esnasında kaydedilen biyometrik parametreler ve GİL gücü değerleri istatistiksel olarak karşılaştırıldı.

Bulgular: Pupil dilatasyonu uygulanan grupta uygulama öncesi ve sonrası yapılan ölçümler karşılaştırıldığında keratometrik değerler (K1,K2), aksiyel uzunluk (AU) ve yatay kornea çapı (WtW) değerlerinde anlamlı değişiklik izlenmedi. Ancak pupil çapı (PÇ), ön kamara derinliği (ÖKD) ve merkezi kornea kalınlığı (MKK) değerlerinde pupil dilatasyonu sonrasında anlamlı artışın olduğu görüldü. SRK-T, Hoffer Q, Holladay I ve Haigis formülleri kullanılarak hesaplanan GİL gücü değerlerinde pupil dilatasyonu ile anlamlı değişiklik olmadı. Kontrol grubundaki gözlerde ise her iki seansta elde edilen ölçümler açısından anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Sonuç: Kataraktlı gözlerde farmakolojik pupil dilatasyonu uygulaması ÖKD ve MKK ölçümleri üzerinde anlamlı değişikliğe neden olmaktadır. SRK-T, Hoffer Q, Holladay I ve Haigis formülleri ile hesaplanan GİL gücü değerleri üzerinde ise pupil dilatasyonun anlamlı bir etkisi bulunamamıştır.

Anahtar Kelimeler: Katarakt, Biyometri, Göz içi lens, Pupil dilatasyonu

SUMMARY

EFFECT OF PHARMACOLOGIC PUPIL DILATION ON BIOMETRIC MEASUREMENTS IN CATARACT PATIENTS

Objectives: Cataract surgery has been accepted as a kind of refractive surgery in today. So achieving targeted refractive results has become very important as a result of cataract surgery. For this reason, the artificial intraocular lens (IOL) power to be placed for cataract surgery needs to be calculated correctly. Pupil dilatation is performed as a part of the full ophtalmic examination in eyes which cataract surgery planned. In this study, it was aimed to investigate the possible effects of pupil dilation on biometric measurement parameters and IOL power calculations.

Method: The study was carried out prospectively between April 2015 and April 2016 at Karadeniz Technical University Medical Faculty Ophthalmology Clinic. During the routine eye examinations, 67 patients diagnosed with cataract were included in the study. Planned eyes of cataract surgeon of all patients were dilated with 1% tropicamide drop and these eyes were identified as 'pupil dilatation group'. The other eyes of the same patients were identified as 'control group' and pupil dilatation was not applied to these eyes. In the group with pupil dilatation, biometric measurements and IOL power calculations were taken twice, before and after dilatation. At this time, the measurements of the eyes in the control group were taken at the same time. Biometric parameters and IOL power values recorded during both measurements of two groups were compared statistically.

Findings: In pupil dilatation group, there were no significant changes with pupil dilatation in keratometric values (K1, K2), axial length (AL) and horizontal corneal diameter (WtW) values. However, pupil diameter (PD), anterior chamber depth (ACD) and central corneal thickness (CCT) values were significantly increased after pupil dilatation. The IOL power values calculated using SRK-T, Hoffer Q, Holladay I and Haigis formulas did not change significantly with pupil dilatation. In the eyes in the control group, no difference was observed between the two measurements.

Conclusion: The application of pharmacological pupil dilatation in cataractous eyes causes a significant change in the measurements of ACD and CCT. No significant effect of pupil dilatation was found on the IOL power values calculated with SRK-T, Hoffer Q, Holladay I and Haigis formulas.

Key words: Cataract, Biometry, Intraocular lens, Pupil dilatation

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET.....	ii
SUMMARY	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGE VE KISALTMALAR	vi
TABLolar DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kristalin Lens	3
2.2. Katarakt ve Tedavisi.....	4
2.3. Suni Göz İçi Mercekleri.....	5
2.4. Gözün Optik Özellikleri.....	6
2.5. Oküler Biyometri	7
2.5.1. Ultrasonografik Biyometri	8
2.5.1.1. İmmersiyon Tekniği	8
2.5.1.2. Kontakt Tekniği	9
2.5.2. Optik Koherans Biyometri	9
2.6. GİL Gücü Hesabında Kullanılan Yöntemler.....	11
2.6.1. Klinik Yöntemler	12
2.6.2. Teorik Formüller	12
2.6.2.1. Birinci Kuşak Teorik Formüller.....	12
2.6.2.2. İkinci Kuşak Teorik Formüller.....	13
2.6.2.3. Üçüncü Kuşak Teorik Formüller	13
2.6.2.4. Dördüncü Kuşak Teorik Formüller.....	14
2.6.3. Regresyon Formülleri	15
2.6.3.1. Birinci Kuşak Regresyon Formülleri	15
2.6.3.2. İkinci Kuşak Regresyon Formülleri	16
2.7. Biyometrik Parametreler ve Hata Kaynakları	16
2.7.1. Aksiyel Uzunluk Ölçümünden Kaynaklanan Hatalar	17
2.7.2. Keratometrik Ölçümlerden Kaynaklanan Hatalar.....	18
2.7.3. Postoperatif Ön Kamara Derinliği Tahminindeki Hatalar	19
2.8. GİL Gücünü Etkileyen Diğer Faktörler	21

2.8.1. A Sabiti Değeri.....	21
2.8.2. Kullanıcı Faktörü	21
2.8.3.GİL Kalınlığı.....	21
2.8.4. GİL Şekil Faktörü	22
2.8.5. GİL Haptik - Optik İlişkisi	22
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	23
3.1. İstatistiksel Analiz.....	24
4. BULGULAR.....	26
5. TARTIŞMA	30
6. SONUÇLAR	41
7. KAYNAKLAR	42



SİMGE VE KISALTMALAR

GİL	: Göz içi lens
MÖ	: Milattan Önce
AU	: Aksiyel uzunluk
ÖKD	: Ön kamara derinliği
ELP	: Efektif lens pozisyonu
SF	: Surgeon faktör
PKI	: Parsiyel kohorens interferometri
ODKR	: Optik düşük kohorens reflektometri
MKK	: Merkezi kornea kalınlığı
WtW	: White-to-white
PÇ	: Pupil çapı
LK	: Lens kalınlığı
mm	: Milimetre
µm	: Mikrometre
D	: Dioptri

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Pupil Dilatasyonu Uygulanan Kataraktlı Gözlerde Dilatasyon Öncesi ve Sonrası Elde Edilen Optik Biyometri Ölçüm Neticeleri	26
Tablo 2.	Pupil Dilatasyonu Uygulanan Kataraktlı Gözlerde Dilatasyon Öncesi ve Sonrası Ölçümler Esnasında Elde Edilen GİL Gücü Değerleri.....	27
Tablo 3.	Dilatasyon Uygulanmayan Kontrol Grubundaki Gözlerin İki Farklı Seansta Elde Edilen Ölçüm Neticeleri.....	28
Tablo 4.	Kontrol Grubundaki Dilatasyon Uygulanmayan Gözlerin İki Farklı Seansta Elde Edilen Gil Gücü Ölçüm Neticeleri.....	28



1.GİRİŞ VE AMAÇ

Katarakt, görmeyi bozan lens opasitesi olarak tanımlanmaktadır ve dünya genelinde geri döndürülebilir körlüğün önde gelen sebepleri arasında yer almaktadır. Kataraktlı olgularda görme keskinliğinde azalmanın yanısıra, kontrast duyarlılık kaybı, ışık kamaşması, renkleri ayırt edememe ve derinlik hissi azalması gibi yakınmalar da görülmektedir (1,2,3,4). Kataraktın tek tedavi seçeneği cerrahidir ve katarakt ameliyatı günümüzde en sık yapılan cerrahiler arasında yer almaktadır. Geçmişten bugüne katarakt cerrahisi oldukça değişim göstermiş ve günümüzde fakoemülsifikasyon ve göziçi lens (GİL) implantasyonu uygulaması en çok tercih edilen yöntem olmuştur. Bu yöntemde nükleus ekstraksiyonu 2.8 mm veya daha küçük bir insizyondan yapılır ve sağlam kapsüler kese içerisine katlanabilir lens yerleştirilir. Bu yöntemin en büyük avantajı küçük kesi ve çabuk rehabilitasyondur (5,6). Modern katarakt cerrahisi olarak da adlandırılan bu yöntemde amaç kataraktın yaptığı görme kaybını ortadan kaldırmakla birlikte cerrahi sonrası emetropi veya istenilen ametropinin elde edilmesiyle arzulanan görme düzeyine hasta ve hekim memnuniyetini sağlayarak ulaşmaktır (7).

Kristal lens önemli miktarda kırma gücüne sahiptir ve lensin alınması işleminden sonra kaybedilen kırma gücünün yani dioptrik gücün yerine konulması için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Kırma gücünün yerine konulması gözlük, kontak lens ve GİL'ler ile sağlanmakta ancak bu yöntemlerden her birinin optik sonuçları birbirinden farklı olmaktadır. Kaybedilen kırma kusurunun gözlük veya kontakt lensle yerine konulmasının görüntüde büyüme, anizokoni ve stereopsiste bozulma gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle kristal lens gücü yenilemenin günümüzdeki en yaygın ve en başarılı yöntemi GİL kullanımıdır (8).

Modern cerrahi tekniklerin keşfedilmesinden önceki yıllarda katarakt cerrahisi sonrasında yüksek kalitede görme düzeyi elde etmek zor olmuştur. Katarakt cerrahisi, gerek cerrahide kullanılan cihazlardaki teknolojik ilerlemeler, gerek uygulamadaki gelişmeler ve gerekse GİL kalitesinin artmasıyla günümüzde refraktif cerrahi olarak değerlendirilebilecek düzeye gelmiştir. Son yıllarda ortalama insan ömrünün artması, eğitim düzeylerinin yükselmesi ile birlikte toplumun katarakt ameliyatından memnuniyet beklentileri üst düzeylere çıkmıştır. İstenilen refraktif sonuçlara ulaşabilmek için yetenekli bir cerrah ve başarılı bir cerrahi süreç kadar göz

içine yerleştirilecek lens gücünün de ameliyat öncesi dönemde doğru hesaplanmış olması gerekmektedir. GİL gücü ölçümü ameliyat öncesi dönemde yapılan çeşitli biyometrik ölçümler ve ölçülen parametrelerin çeşitli formüllerde kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle refraktif kusurun ortadan kaldırılması ve hedef refraksiyona ulaşmak için yapılan bu biyometrik ölçümler son derece önemlidir (9,10). Biometrik ölçümler sırasında yapılan hatalar, GİL gücünün yanlış hesaplanmasına ve postoperatif refraktif sapmalara yol açmaktadır. Günümüzde katarakt cerrahisi sonrasında en iyi görme düzeyinin elde edilmesi amaçlandığından bu amaç doğrultusunda GİL gücünü doğru hesaplamak ve sonucu etkileyecek parametrelere hakim olmak büyük önem arz etmektedir (10).

Katarakt nedeniyle operasyona hazırlanan hastaların ameliyat öncesi dönemde yapılan muayeneleri esnasında, hastalara farmakolojik pupil dilatasyonu rutin olarak yapılmaktadır. Farmakolojik pupil dilatasyonu, detaylı retina muayenesi yapmak ve ameliyat sırasında dar pupilla nedeniyle oluşabilecek komplikasyonlara hazırlıklı olmak açısından ameliyat öncesi dönemde tüm hastalara uygulanmaktadır. Ancak pupil dilatasyonu sonrasında ön segment parametrelerinde değişiklik olmaktadır (11). Ön segment parametrelerinde meydana gelen değişiklikler ise GİL gücü hesaplaması için yapılan biyometrik ölçüm sonuçlarında değişikliklere neden olabilmektedir (12). Pupil dilatasyonu sonrasında meydana gelen bu değişikliklerin GİL gücü hesaplamalarında sapmalar yapabileceği gözönüne alındığında, ameliyat öncesi dönemde yapılan GİL gücü ölçümlerinin pupil dilatasyonundan önce mi yoksa sonra mı yapılması gerektiği sorusunun cevabı önemlidir. Bu nedenle biz bu çalışmamızda GİL gücü hesaplanmasında kullanılan parametreler ve pupil dilatasyonunun bu parametreler ve GİL gücü üzerine olan etkisini araştırmayı amaçladık.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kristalin Lens

Lens, saydam, avasküler, innervasyonu olmayan, akomodasyonda rol oynayan optik bir organdır. Metabolizmasının hemen tamamı saydamlığının devam etmesine yöneliktir. İrisin arkasında, vitreusun önünde, ön hyaloid membran tarafından oluşturulan patellar fossaya yerleşmiştir. Bikonveks yapıda olup arka yüzünün konveksitesi, ön yüzünden daha fazladır. Ön yüzde en tepe noktaya ön kutup, arka yüzde en tepe noktaya ise arka kutup denir. Lensin ön ve arka yüzünün birleştiği çepeçevre birleşim yerine ise ekvator denilmektedir. Ön yüzü irisin arka yüzü ve ortada pupil açıklığıyla, arka yüzü vitreus ön yüzüyle komşu olan lens; arka kamarada ve kamaraları dolduran hümör aköz içerisinde yer alır. Lens, bulunduğu arka kamarada zonül fibrilleri ile asılmıştır. 0,5-1 mm ötedeki siliyer cisimden kökenlenen ekvatoryal zonül fibrilleri lensin ekvatoruna; pars planadan kökenlenen ön ve arka zonül fibrilleri ise lens ekvatorunun 1-2 mm ön ve arkasına ve lensin içine 2 mikron girerek yapışır. Ekvatoryal zonüller uyum işlevinde görev alırken, ön ve arka zonüller ise destek olarak görev yapar.

Histolojik olarak lens; kapsül, lens epitel ve lens fibrilleri olmak üzere üç yapıdan oluşur. Lensin yapısal elemanları olan epitel hücreleri ve fibrilleri sararak koruyan, elastik ve şeffaf bir bazal membran olarak tanımlanan lens kapsülü, bir anlamda lensin kabuğudur. Bu kapsül embriyonik dönemde lens epitel hücrelerinin bazal membranı olarak salgılanır. Lensin ön yüzünü saran ön kapsül, lens epitelinden oluşur. Arka kapsül ise bu epitelyum hücrelerinin uzantılarından meydana gelir. Ön kapsülün kalınlığı doğumda 8 mikron iken olgun insanda 14 mikrona ulaşır. Arka kapsül merkezi ise tüm hayat boyunca 4 mikron kalınlıktadır. Ekvator bölgesinde kapsül kalınlığı 17 mikron, arka yüz ekvatora yakın kısmı 23 mikrondur. Ön kapsül altında tek sıra dizilmiş hücre tabakası ise lens epitelidir. Lens metabolizması esas olarak epitelde gerçekleşir. Epitel fonksiyonel olarak iki bölümde incelenir. Bunlar ekvatorunda bulunan ve aktif olarak bölünebilen ve lens fibrillerine dönüşen hücreler ile, aköz ile lens arasında madde alışverişini sağlayan ve kapsül materyalini

salgılayan hücrelerdir. Lens fibrilleri ekvator çevresinde bulunan ve mitotik özelliğe sahip lens epitel hücreleri tarafından üretilir. İntrauterin hayatın ilk 3 ayında lens vezikülünden gelişen birincil lens fibrillerinin yaptığı embriyonik nükleus ile bu nükleusun etrafını saran ikincil lens fibrilleri doğuma kadar fetal nükleusu oluştururlar. Fibriller birleştikleri yerde önde Y, arkada ters Y şeklinde birleşir. 4 yaşına dek süren bu kabuklaşma olayı sonucu infantil nükleus ortaya çıkar ve seksüel hayatın başlangıcına kadar devam eder. Epitel, hücre ve fibril yapısı ilk 20 yaşta %45-50 oranında artar. Sonuçta doğumda 65 mg olan lens 1 yaşında 125 mg, 20 yaşında 152 mg ve 90 yaşında 260 mg'a ulaşır. Doğumdaki ön arka kalınlığı 3.5 mm'den erişkinde 5.5 mm'ye; çapıysa 5 mm'den 20 yaşında 10 mm'ye çıkar. İntrauterin dönemde oluşmuş olan ve zamanla sertleşen embriyonik ve fetal nükleusa klinik pratikte nükleus; etrafındaki daha yumuşak olan infantil ve yetişkin nükleusa ise epinükleus denir. 65 yaşında bir insanın lensinin %65'i nükleus ve %35 'i korteks haline dönüşür. Böylece lens topografik olarak kapsül, korteks ve nükleustan oluşur (13).

2.2. Katarakt ve Tedavisi

Yunancada şelale anlamına gelen katarakt, ilk çağlarda istenmeyen bir su akışının göz içine inmesi olarak algılanmış ve tedavide bu nedenle akan suyun yönünü değiştirmek amaçlanmıştır. Bu amaçla uygulanan ve belgelenen ilk katarakt tedavisi 'couching' yani mil çekmedir. Kataraktın pupil alanından göz içine itilerek uzaklaştırılmasını sağlayan bu yöntem tarihte ilk kez MÖ 600 yıllarında yaşamış Sustura adında Hintli bir cerrah tarafından uygulanmıştır. Bu teknikle lens vitreus içerisine itildiğinden ötürü bir süre sonra aşırı inflamasyon ve göziçi basınç artışı nedeniyle dayanılmaz ağrıların meydana geldiği kaynaklarda yer edinmiştir. 1600'lü yıllarda anatomistler lensin gerçek yerini belirlemişler ve katarakt terimi lens bulanıklığı olarak yeniden tanımlanmıştır. Tedavide ise kataraktın yerinin değiştirilmesinden önce alınması fikri tartışılmaya başlanmıştır. Kataraktlı lensi iris arkasındaki pozisyonunda ilk defa düşünerek ekstrakte eden ve katarakt cerrahisinde ilk olarak ekstrakapsüler katarakt ekstraksiyonunu uygulayan kişi Jacques Daviel (1696-1762) olmuştur. 1753'te Londralı Samuel Sharp üst limbal kesi ve parmak

basısıyla birlikte tüm lensi kapsülüyle çıkartarak intrakapsüler katarakt ekstraksiyonunu gerçekleştirmiştir. Hindistan'da görevli bir İngiliz yarbay olan Henry Smith (1900-1926) şaşılık kroşesiyle bası uygulayarak intrakapsüler katarakt ekstraksiyonunu binlerce kişiye uygulamıştır. İntrakapsüler katarakt ekstraksiyonunda 1957 yılında zonül liflerinin kimotripsin ile kimyasal olarak eritilmesi denenmiş, 1961'de krio kullanılmaya başlanmıştır. İntrakapsüler katarakt ekstraksiyonu tekniğinde komplikasyonların yüksek olması ve teknolojik gelişmelere paralel olarak göziçi lenslerinin popülarite kazanmasıyla birlikte ekstrakapsüler katarakt ekstraksiyonuna tekrar dönmüştür. Cerrahi işlemi kolaylaştırıcı birtakım yöntemlerin de devreye girmesiyle modern katarakt cerrahisinin temel taşları oluşturulmuştur. Charles Kelman ilk kez 1967'de kataraktı küçük bir kesiden, fakoemülsifikasyonla ekstrakte etme yöntemini geliştirmiş ve 1980'li yıllarda cerrahi teknikteki gelişmeler hız kazanmıştır. 1984'te Mazzocco'nun katlanabilir lensi bulmasının ardından ve Fako cihazlarının evrimi sonucunda korneo-skleral kesiler küçülmüş, ön kapsülektominin yerini ön kapsüloreksis olarak kapsül içi katlanabilir GİL uygulaması dönemi başlamıştır. Bu yöntem Maloney, Refraktif Katarakt Cerrahisi adını vermiş ve 1992 yılını başlangıç tarihi olarak ele almıştır (14,15,16).

2.3. Suni Göz İçi Lensleri

Göz içi lensleriyle ilgili ilk çalışmaların 18'inci yüzyılda Tadini adlı bir oftalmolog tarafından yapıldığı; ardından 1795'te Dresden'li bir doktor olan Casamata'nın göz içine camdan bir lens koyma teşebbüsünün başarısızlıkla sonuçlandığı bilinmektedir. Modern göziçi lens implantasyonu ise ilk kez 1949'da Londra St. Thomas hastanesinde Harold Ridley tarafından gerçekleştirilmiştir. Ridley, savaş yıllarında birçok hava subayının göz perforasyonlarının tamirinde göz içinde kalan akril cam parçalarının reaksiyon yapmadığını izlemiş ve materyal olarak akril camı seçmiştir. 1949'da ekstrakapsüler katarakt ekstraksiyonu sonrasında ilk göziçi lensini kapsül içine implante etmiş fakat materyalin kırma indeksinin çok yüksek olmasından ötürü operasyon, yüksek derecede miyopik refraksiyon kusuru ile sonuçlanmıştır. İlk implant cerrahisinde karşılaşılan glokom ve lens

dislokasyonları gibi başarısızlıklar nedeniyle, Ridley 1964'te bu tekniği bırakmıştır (17,18). Bunu izleyen yıllarda birçok oftalmolog tarafından çeşitli ön kamara lensleri tasarlanmıştır. Ön kamara lenslerinde büllöz keratopatinin önemli bir komplikasyon olarak ortaya çıkması araştırmacıları yeni lens tasarımlarına yönlendirmiştir. Epstein, Binkhorst ve Worst çalışmalarını iris destekli lensler üzerine yoğunlaştırmışlar fakat iris destekli lens kullanımında dislokasyon, pupilla deformitesi ve erozyonu, iris atrofisi, pigment dispersiyonu, üveit ve hemoraji ile birlikte birçok klinik problem ortaya çıkmıştır. 1976'da John Pearce yeniden arka kamara lenslerine yönelmiştir. Shearing 1977'de arka kamara lensi ile devrim yaratan önemli bir lens tasarımı geliştirmiştir. Tasarım iki adet esnek J-şekilli lupa sahip bir optikten oluşmaktadır. Perritt, Simcoe, Sinskey, Kratz gibi araştırmacılar bu merceğin pek çok modifikasyonlarını denemişlerdir. 1980'lerin sonlarında katarakt cerrahisi teknikleri, GİL tasarımı ve üretiminde önemli gelişmeler olmuştur. Kapsül içi implantasyonun yapılabilmesine olanak veren cerrahi tekniklerin gelişmesiyle birlikte rijit PMMA tasarımları ve katlanabilir GİL'ler geliştirilmiştir. Küçük kesili cerrahi tekniklerdeki gelişmelere ve GİL teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak katlanabilir lenslere ilgi artmıştır. Günümüzde GİL implantasyonu sadece katarakt alınmasından sonraki görsel rehabilitasyonu sağlayan bir yöntem olmayıp aynı zamanda bir refraktif prosedürdür ve bu sebeble GİL'lerin katarakt cerrahisinde çok önemli bir yeri vardır (17,19,20).

2.4. Gözün Optik Özellikleri

İnsan gözünün optik yapısını anlamak amacıyla günümüze kadar çeşitli denemeler yapılmış ve yıllar içerisinde anatomik ölçümler ve tahminlere dayanan birçok matematiksel model geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modeller arasında en çok kabul göreni, İsveçli bir oftalmoloji profesörü olan Gullstrand tarafından geliştirilen şematik göz modelidir (21). Şematik göz, gözün optik sistemlerinin modelidir. Gullstrand, ışınların gözde nasıl yayıldıklarını belirlerken kornea ve lense ait yüzeylerin eğrilikleri, yerleşimleri ve optik ortamların kırılma indisi gibi temel parametrelere gereksinim duymuştur (22,23). Daha sonra yapılan hesaplamaları kolaylaştırmak amacıyla şematik göz modeli Listing tarafından basitleştirilerek

'indirgenmiş şematik göz modeli' ortaya konulmuştur. Şematik gözde, gözdeki kırıcı yapıların yeri ve kırma indisleri teorik olarak yerine konularak çeşitli hesaplamalar yapılabilmektedir. Kornea ön yüzünün eğrilik yarıçapı 7.70 mm'dir ve kırma gücü +48.83 D'dir. Arka yüzünün eğrilik yarıçapı ise 6.70 mm'dir ve kırma gücü -5.88 'dir. Korneanın ön yüzünün konverjan, arka yüzünün diverjan etkisi ile toplam +42.95 diptirlik kırma gücü meydana gelir. Akomodasyon yapmayan istirahat halindeki bir gözde lens korteksinin ön yüzünün eğrilik yarıçapı 10.00 mm, arka yüzünün eğrilik yarıçapı -6.00 mm'dir. Lens akomodasyon yapmadığı konumda +19.11 dioptri kırıcılığa sahiptir (23,24,25). Anlaşıldığı üzere gözün esas kırıcı ortamları kornea ile lenstir ve göze gelen ışınların gözün temel kırıcı ortamları olan kornea ve lens tarafından kırılmasıyla görüntü oluşmaktadır. Katarakt ekstraksiyonu ile lensin alınması ise gözün toplam kırma gücünde anlamlı bir kayıp olmasına yol açmaktadır. Sonsuzdan gelen ışınların retina üzerine düşmesi ve görüntü oluşabilmesi için kaybedilen bu kırma gücünün yerine konulması gerekmektedir. Katarakt ameliyatı sonrasında kaybedilen optik gücün yerine konulması gözlük, kontakt lens veya göz içi lens ile sağlanmaktadır. Optik gücün yerine konmasının önemli bir sonucu retina üzerinde oluşan görüntü büyüklüğüdür ki; iki göz retinası arasında oluşan görüntü büyüklüğü farkı anizokoniye neden olarak binoküler görmeyi olumsuz olarak etkilemektedir. Göze giren ışınları konverjan olarak kıran bir sistem gözden uzaklaştıkça, retinada oluşturduğu görüntü büyümektedir. Bu nedenle katarakt cerrahisi sonrasında kaybedilen kırıcılığın gözlükle yerine konulması görüntünün % 20-35 büyümesine ve en yüksek anizokoniye neden olmaktadır. Kontakt lensler % 7-12, göz içi lensleri % 3-4 oranında görüntü büyümesine neden olur. Teorik olarak pupilla arkasına orijinal lensin yerine yerleştirilen mercek görüntü büyümesi yaratmamaktadır (26,27,28).

2.5. Oküler Biyometri

Göz içi lens implantasyonunun yapılmaya başlandığı ilk zamanlarda standart olarak pupilla alanına 19 D, ön kamaraya 18 D, kapsül içine 21 D gücündeki göz içi merceği yerleştirilerek ameliyat sonrasında emetropi sağlanmaya çalışılmıştır (29). Fakat standart olarak yapılan bu GİL uygulaması ameliyat sonrası dönemde yüksek

refraksiyon hatalarına yol açmıştır. 1980'li yıllardan sonra standart güce sahip GİL'lerin implantasyonu giderek azalmıştır ve ameliyat öncesinde GİL gücünü belirlemek için biyometri kullanılmaya başlanmıştır. Biometrinin GİL hesabında kullanımı ile ameliyat sonrası refraksiyon sonuçlarında önemli düzelme sağlanmıştır ve GİL gücünün doğru hesaplanması açısından biyometrik ölçümlerin de doğru yapılması bu nedenle çok önemlidir (30). GİL gücü hesaplamak için kullanılan biyometri yöntemleri; ultrasonik (kontakt ve immersiyon yöntemi) ve optik biyometrik (lazer interferometri prensibi) yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır.

2.5.1. Ultrasonografik Biyometri

Ultrasonografi, ses dalgalarının vücut dokuları ile fizik kurallarına göre etkileşmesine dayanan bir yöntemdir. Ultrasonik biyometri ise, gözü oluşturan dinamik ve statik yapıların rakamsal olarak ultrason yardımı ile ölçülmesidir. Ultrasonografiyi oftalmolojide ilk kez Mundt ve Hughus 1956 yılında kullanmışlardır. Ossoining ve Gernet ise, 1963'de ultrasonik biyometriyi geliştirmişlerdir (31,32). Ultrasonik dalgalar, piezoelektrik kristalden üretilir. Ses hızı dokunun yoğunluğu ile belirlenir. Ses; solid kornea, sıvı aköz, solid lens, sıvı vitreus, solid retina, koroid, sklera ve orbital dokulardan geçer ve dokuların her birinde yoğunluklarına bağlı olarak belli hız (velosite) gösterir. Ultrasonografik biyometri uygulanırken aksiyel uzunluk değeri manuel veya otomatik olarak ölçülebilmektedir. Her iki yöntemde de güvenilir ölçüm için ölçümü yapan kişinin tekniği doğru bir şekilde uygulaması gerekir (33,34). Ultrasonografik biyometride immersiyon tekniği ve kontakt teknik olmak üzere iki farklı teknik kullanılmaktadır (35).

2.5.1.1. İmmersiyon Tekniği

Ultrasonografik biyometride ilk uygulanan yöntem immersiyon tekniği, yani su banyosu tekniğidir. Ölçümde kornea, lens ön-arka yüzü ve retinaya ait dört yansıma elde edilir. Elde edilen ekoların iyi lokalize olması için probun optik aksa dik olması gerekir. Ayrıca Ölçüm sırasında sıvı içerisinde hava kabarcığının

bulunmamasına dikkat etmek gerekmektedir. Çünkü 1 mm'lik hava kabarcığı ameliyat sonrası 3 D refraksiyon hatasına yol açabilmektedir (33,36,37). Hava kabarcığından kaynaklanan hataları en aza indirmek için daha sonraki dönemlerde içi sıvı dolu membranöz yapıdan oluşan problemler geliştirilmiştir.

2.5.1.2. Kontakt Tekniği

Ultrasonografik biyometri yapılırken zamanla su dolu problemlerin kullanımının pratik olmadığına karar verilmiş ve solid A-mod problemler geliştirilmiştir. Solid A-mod problemler ile uygulanan kontakt teknik, sıvı kapların verdiği rahatsızlık ve hava kabarcıklarının oluşması gibi durumları ortadan kaldırmış fakat bu defa kornea kompresyon problemi ortaya çıkmıştır. Kontakt teknik ile ultrasonik ölçüm alınırken primer bakış pozisyonunda ultrason probu korneaya temas ettirilir. Gözün fiksasyonunu sağlamak için genellikle probun merkezindeki ışık kullanılır. Yoğun kataraktı olan gözlerde fiksasyon diğer göz ile sağlanmaktadır. Doğru ölçüm için ses dalgasının lens ve retinaya dik ulaşması gerekir (33,38).

Ultrasonik biyometride kontakt ve immersiyon yöntemleri karşılaştırıldığında her iki yöntemin de çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. İmmersiyon tekniğinin kontakt metoda göre primer avantajı, korneal basının olmamasıdır. Ancak göz içi cerrahisi ve delici göz yaralanması geçiren gözlerde immersiyon tekniği önerilmemektedir. Bununla birlikte kontakt teknik immersiyon yöntemine göre daha hızlı ve pratik bir yöntemdir. Ancak her iki yöntemde de lokal anestezi uygulama gerekliliği ve enfeksiyon oluşturma riski mevcuttur. Her iki teknikte de en az 3 defa, aralarında 0.3 mm'den fazla fark olmayan ölçümün alınması önerilmektedir. 0.3 mm'lik değişikliğin uygulayıcıya ait ölçüm hatası olduğu kabul edilmektedir (38).

2.5.2. Optik Kohorens Biyometri

Optik Biyometri cihazları klinik kullanıma girdiğinden itibaren GİL gücü hesaplamalarında altın standart yöntem olarak kullanılmaya başlanmıştır. Optik biyometride göze temas olmadan hızlı ve kolay ölçüm alınabilmektedir. Günümüzde çeşitli optik biyometri cihazları bulunmaktadır ve bu cihazlardan ilk olarak IOL

Master 500 (Carl Zeiss AG, Almanya) 1999 yılında kullanıma girmiştir. 2009 yılında Lenstar LS 900'ün (Haag Streit AG, İsviçre), 2012 yılında AL-Scan'ın (Nidek Co. Ltd., Japonya) uygulama alanına girmesi ve bu uygulamaların 3. ve 4. kuşak GİL gücü hesaplama formülleri ile birlikte kullanılması, fizyolojik kornealarda GİL hesaplamalarında mükemmel yakın ölçümlerin alınmasına olanak sağlamıştır (38,39,40,41,42). Pentacam AXL (Oculus, Menlo Park, California, ABD), Aladdin (Topcon, Tokyo, Japonya), Galilei G6 (Ziemer, Port, İsviçre) , OA-2000 (Tomey GmbH, Nurnberg, Almanya), IOLMaster 700 (Carl Zeiss Meditec, Jena, Almanya) ve ARGOS (Movu, Santa Clara, California, ABD) diğer optik biyometri cihazlarıdır. Optik biyometri cihazlarından IOLMaster 500, AL-Scan ve Pentacam AXL parsiyel koherens interferometre (PKI) prensibi ile; Lenstar LS 900, Aladdin, Galilei G6 ve OA-2000 cihazları ise optik düşük-koherans reflektometri (ODKR) prensibi ile çalışmaktadır. IOLMaster 700 ve ARGOS nispeten daha yeni optik biyometri cihazlarıdır ve Swept-Source OCT(SS-OCT) kullanarak çalışmaktadırlar (38,43).

Parsiyel koherens interferometri (PKI), göz içindeki mesafeleri ölçmek için optik kohorens tomografiye benzer bir teknoloji kullanır. Aksiyel uzunluk (AU) ölçümü için 830 nm süperluminesant diod lazer kullanmaktadır. Bu teknikte AU'ya ek olarak korneal kurtatür, yatay kornea çapı (white-to-white uzaklık) ve ön kamara derinliği (ÖKD) gibi parametrelerin de ölçümü yapılabilmektedir. Ön kamara derinliği ile santral korneal kalınlığı 470 nm LED ışık kaynağı kullanılarak Scheimpflug prensibi ile ölçülmektedir. Pupil çapı ve white-to-white uzaklık (WtW) ölçümleri için elde edilmiş ön segment görüntüleri üzerinden işlem yapılır (38,44,45).

Optik düşük koherens reflektometri yönteminde (ODKR) ise, göz içindeki mesafeleri ölçmek için ışık dalgalarının koherens süperpozisyonu kullanılır. AU ölçümü yanında tek ölçümde 9 farklı parametrenin ölçümüne olanak vermektedir. Ölçülen parametreler içerisinde; merkezi kornea kalınlığı (MKK), ön kamara derinliği (ÖKD), lens kalınlığı (LK), aksiyel uzunluk(AU), keratometrik değerler (K1,K2), white-to-white uzaklık (WtW), pupil çapı (PÇ) ve retina kalınlığı gibi parametreler yer almaktadır. Cihaz; AU, MKK, ÖKD, LK ve retinal kalınlık ölçümleri için 820 nm süperluminesant diod lazer kullanır. K1,K2, WtW uzaklık ölçümü ve pupil çapı için 950 nm ışık yayan LED kullanır (46).

GİL gücünün hesaplanmasında optik biyometri yönteminin, A-Scan ultrasonografik biometriye göre daha doğru ve kesin sonuçlar sağladığı saptanmıştır. Optik biyometri ile alınan ölçümler sırasında hata oranı oldukça düşüktür ve ölçümler tekrarlanabilmektedir. Optik prensiple çalışma özelliğinden dolayı ölçümler korneal verteks mesafesi ile retina pigment epiteli (RPE) arasından alınmaktadır. A-scan ultrasonografik yöntemde ölçümler kornea verteksi ile internal limitan membran (ILM) arasından alınmakta ve bu yüzden retinanın kalınlığı hesaba katılmamaktadır. Özellikle yüksek miyopisi olan olgularda klasik A-scan ile alınan AU ölçümleri, optik koherens biometriye kıyasla daha düşük ölçülmekte; bunun sonucu olarak hesaplanan düşük güçteki GİL gücü ölçümleri sonucu ameliyat sonrası olgular miyopik refraksiyon kusuru ile karşılaşmaktadırlar. Silikonla dolu gözlerde ise silikonlu ortamda ses dalgasının hızı yavaşlamakta, buna bağlı olarak ön arka eksen yaklaşık 8-9 mm' ye kadar normalden daha uzun ölçülebilmektedir. Optik koherens biometri yönteminde ise bu ölçüm yanılması ortalama 0.7 mm olmaktadır. Ölçümler topikal anestezi uygulanmadan ve korneaya dokunmadan alınmakta ve dolayısı ile korneada epitelyum hasarı ve hastadan hastaya enfeksiyon bulaşı olmamaktadır. İşlem süresi oldukça kısadır ve tüm biyometrik ölçümler ve GİL gücü hesaplaması tek seferde alınabilmektedir. Haigis, Hoffer Q, SRK II, SRK/T gibi lens hesaplaması için kullanılan formüller optik biyometri cihazlarının veri tabanlarında bulunmakta ve bu formüllere göre değerler otomatik olarak hesaplanabilmektedir. Fakat yoğun katarakt veya korneal skar gibi görme aksında yoğun opasite varlığında, tremor ve nistagmus gibi hastanın fiksasyonunu sağlayamadığı durumlarda, vitre hemorajisi ya da retina dekolmanı olan olgularda optik biyometri yetersiz kalabilmektedir (39,47).

2.6. GİL Gücü Hesabında Kullanılan Yöntemler

İntraoküler lens gücünün doğru tahmini, biyometrik ölçümün yanı sıra uygun formül seçimi ile de yakından ilişkilidir. Kullanılan formüller başlıca üç yöntem içerisinde incelenmektedir. Bunlar klinik yöntemler, teorik formüller ve regresyon formülleridir.

2.6.1. Klinik Yöntemler

1970'lerden önce lens gücünü hesaplamak için klinik anamnezden yola çıkılarak çeşitli tahminler yapılmış ve GİL gücü hesaplamak için hastanın katarakt oluşmadan önceki refraksiyon kusuru kullanılmıştır. Katarakt oluşmadan önceki refraksiyonu saptamak zor olduğu için klinik anamnez metodu ile yapılan hesaplamalarda hata oranının oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir. Bu yöntemle 1.00 D'den yüksek hataların % 50' den fazla olup, bazı hataların 9.00 D'ye kadar çıktığı bildirilmektedir. GİL gücü hesaplamasında ortaya çıkan bu hatalardan ötürü daha sonraki dönemlerde teorik veya regresyon esaslı bir çok formül ileri sürülmüştür. Öne sürülen bu formüllerde GİL gücü hesabı için kornea kırıcılığı ve aksiyel uzunluk ölçümleri esas alınmıştır (48).

2.6.2. Teorik Formüller

2.6.2.1. Birinci Kuşak Teorik Formüller

Teorik formüller, şematik göz ele alınarak ve bazı optik kurallara dayanarak elde edilmiş formüllerdir. Bu formüllerde temel olarak gözün optik modeli kullanılır (43). Gauss, 19. yy ortalarında gözün optik sistemini tanımlamış ve Fyodorov Gauss optiğini 1967'de GİL'lere ilk uygulayan kişi olmuştur (51). Binkhorst, Colabrande, Hoffer, Fyodorov-Galin-Linksz, Thijsen ve Van der Haijde formülleri birinci jenerasyon teorik formüllerdir. Bu formüllerde emetropik GİL hesabı için AU, keratometri (K) ve ameliyat sonrası ÖKD'ye ihtiyaç vardır (43,48). Teorik formüller, düzeltme faktörleri dışında aynıdır ve matematiksel olarak aşağıda gösterilmiştir;

$$P = \frac{n}{AU - \text{ÖKD}} - \frac{n \times K}{n - K \times \text{ÖKD}}$$

(n: Aköz ve vitreus refraktif indeksi; AU: Aksiyel uzunluk; K: Kornea kırıcılığı;
ÖKD: Ameliyat sonrası tahmini ön kamara derinliği.)

Teorik formüllerde kullanılan ön kamara derinliği, operasyon sonrası tahmini ön kamara derinliğidir. Bu formüllerde kullanılan operasyon sonrası tahmini ön

kamara derinliği 4 mm olarak kabul edilip her hasta ve her lens için sabit olarak kullanılmıştır (49). Birinci jenerasyon teorik formüller kullanılarak yapılan GİL gücü hesabında çeşitli hatalar olduğu fark edilmiş ve bu hataların operasyon sonrası tahmini ön kamara derinliğinden kaynaklandığı ileri sürülmüştür. Operasyon sonrası tahmini ön kamara derinliğinden kaynaklanan hataları ortadan kaldırmak için ikinci jenerasyon teorik formüller geliştirilmiştir (48).

2.6.2.2. İkinci Kuşak Teorik Formüller

İkinci jenerasyon teorik formüller; Binkhorst, Hoffer ve Shammas'dır. 1981'de Binkhorst postoperatif ön kamara derinliği ile aksiyel uzunluk arasında pozitif korelasyon olduğunu ve postoperatif tahmini ön kamara derinliğinin implante edilecek lensin yerine göre ayarlanması gerektiğini öne sürmüş ve bunu efektif lens pozisyonu (ELP) olarak tanımlamıştır. Binkhorst, efektif lens pozisyonunu belirlemek için yaptığı hesaplamada aksiyel uzunluğu kullanmış ve aksiyel uzunluktan yola çıkarak efektif lens pozisyonunun tahminini yani postoperatif tahmini ön kamara derinliğini düzeltmiştir. Binkhorst'un yaptığı hesaplamalara göre arka kamara lensleri için aksiyel uzunluk 23.45 mm'den kısa ise her milimetre için ön kamara derinliği 0.17 mm azaltılmakta, aksiyel uzunluk 23.45 mm'den uzun ise her mm için ön kamara derinliğine 0.17 mm eklenmektedir (48,50). Hoffer formülü Colenbrander formülünün modifiye edilmiş halidir. Bu formülde de ön kamara derinliğini aksiyel uzunluğa göre hesaplanmıştır. Düzeltilmiş ön kamara derinliği aşağıdaki gibi hesaplanır (50);

$$\text{Düzeltilmiş ÖKD} = (0.292 \times \text{AU} - 2.93) + (\text{ÖKD} - 3.94)$$

2.6.2.3. Üçüncü Kuşak Teorik Formüller

ÖKD'i sadece AU'a göre tahmin eden ikinci jenerasyon formüllerin yetersiz kaldığı farkedilmiş ve ameliyat sonrası ÖKD'i daha iyi tahmin etmek için ön segment ile ilgili daha fazla parametrenin kullanılmasının gerektiği kanaatine varılmıştır. Bu amaçla 3. Jenerasyon teorik formüller ileri sürülmüştür. Bu formüllerde AU yanında, keratometrik değerler (K1,K2) de kullanılarak ÖKD

tahmin edilmiş ve bu şekilde daha iyi sonuçlar alındığı bildirilmiştir. Holladay, SRK-T ve Hoffer Q formülleri üçüncü jenerasyon teorik formüllerdir (38,48). Üçüncü jenerasyon teorik formüllerde birer tane katsayı kullanılmaktadır ve bu katsayılar Holladay I formülü için Surgeon Faktör (SF), Hoffer Q formülü için Pseudofakik ÖKD katsayısı ve SRK-T formülü için A Sabiti'dir. Birinci ve ikinci jenerasyon formüllerle oluşan hataları en aza indirmek üzere planlanan üçüncü jenerasyon teorik formüller biyometrik cihazların veritabanlarında bulunmaktadır (51,52,53).

Holladay I formülü Holladay tarafından geliştirilmiş ve 1988'de yayınlanmıştır. Holladay, daha önceki formüllerde; kornea endotelinden iris düzlemine kadar olarak belirlenen ön kamara derinliğine, kornea kalınlığı ve iris düzlemi ile göz içi lens ön yüzeyi arasındaki mesafeyi (Surgeon Factor) de eklemiş ve bu şekilde ilk üçüncü kuşak teorik formülü geliştirmiştir (54). Holladay I formülünde aksiyel uzunluk, K ve kornea yüksekliği dikkate alınarak postoperatif ÖKD yani ELP tahmini yapılır.

Hoffer, 1. Kuşak teorik formül olan Hoffer formülünde aksiyel uzunluk ve keratometri değerlerinde bir takım modifikasyonlar yaparak 1992 yılında Hoffer Q formülünü bulmuştur. Hoffer Q formülünde ELP için aksiyel uzunluk ve K kullanılırken farklı bir yöntemle K'nın tanjantı ile ELP tayini yapılır (53).

3. Jenerasyon formüllerden SRK-T formülü ise 1990'da geliştirilmiştir. SRK-T formülünü, SRK formülünü geliştiren otoriteler regresyon formülleri üzerinde çalışırken bulmuşlardır. SRK-T; Holladay-I formülüne benzemektedir fakat farklı olarak Holladay I formülünde yer alan Surgeon Factor (SF) yerine, SRK-T formülünde A sabiti yer almaktadır (52). Üçüncü kuşak teorik formüller birçok oftalmolog tarafından GİL gücü hesaplamasında halen en sık kullanılan formüllerdir. 22-24.5 mm arasında aksiyel uzunluğa sahip gözlerde bu üç formülün de birbirine yakın sonuçlar verdiği belirtilmektedir (55).

2.6.2.4. Dördüncü Kuşak Teorik Formüller

Teknolojideki gelişmeler doğrultusunda ön segment hakkında daha fazla bilginin toplanması ile daha iyi ÖKD tahmini yapan formüller geliştirilmiştir. Doğrulukları ÖKD tahmininin daha isabetli olmasına bağlanmaktadır. Haigis,

Holladay II, Olsen ve Barrett Universal II formülleri dördüncü kuşak teorik formüllerdir (43). Wolfgang Haigis tarafından geliştirilen Haigis formülünde, aksiyel uzunluk ve preoperatif anterior korneadan lens ön yüzüne kadar olan mesafeyi kapsayan ön kamara derinliği değeri kullanılır ve bu formül özellikle kısa gözlerde daha doğru sonuçlar vermektedir (43). Holladay II formülü 34.000 vakadan alınan değerler dikkate alınarak geliştirilmiş bir formüldür ve ELP tayininde 7 değişken kullanılır. Bu formülde aksiyel uzunluk ve K değerlerine ilaveten WtW, ÖKD, Lens kalınlığı(LK), refraksiyon ve hasta yaşı dikkate alınmaktadır (56,57).

2.6.3. Regresyon Formülleri

2.6.3.1. Birinci Kuşak Regresyon Formülleri

Regresyon formülleri komplikasyonsuz GİL implantasyonu yapılmış gözlerin, ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası verilerinin retrospektif analizlerinden çıkarılmışlardır. Ameliyat sonrası sonuçların AU, K ve emetrop GİL gücü ile karşılaştırılmasıyla en uygun denklem bulunmaya çalışılmıştır. Regresyon formülleri için anatomik göz yapısı esas alınır ve regresyon formüllerinde teorik formüllerde olduğu gibi varsayımlar kullanılmaz (58). Regresyon formüllerinin en iyi bilineni Retzlaff, Sanders ve Kraff tarafından 1980'de tanımlanan SRK formülüdür (59). SRK-I formülü anlaşılır ve pratik olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır ve aksiyel uzunluğun 22-24,5 mm arasında olduğu durumlarda en doğru sonucu vermektedir. Formülde yer alan A-sabiti lensin tipi, göz içerisindeki pozisyonu ve lensin üretim tekniğine göre değişiklik gösterebilir (60). Diğer regresyon formülleri; Gills, Axt, ASC ve TM'dir (61). Regresyon formülleri ameliyat sonrası normal gözlerde iyi sonuçlar vermesine rağmen kısa gözlerde istenilenden daha düşük göz içi lens gücü, uzun gözlerde istenilenden daha yüksek göz içi lens gücü verirler. Sonuç olarak kısa gözlerde ameliyat sonrası hipermetropiye, uzun gözlerde ise miyopiye yol açarlar. Bu nedenle ameliyat sonrası refraksiyon hatalarını azaltmak için 2. jenerasyon formüller geliştirilmiştir (59).

2.6.3.2. İkinci Kuşak Regresyon Formülleri

İkinci jenerasyon regresyon formülleri SRK II, Donzis-Kastle-Gordon, Gills, Thompsom-Maumenee ve Baker formülleridir. Bu formüllerden en sık kullanılanı SRK II' dir. SRK-II formülü anormal aksiyel uzunluktaki gözlerde hatayı azaltmak için geliştirilmiş ve dünyada en çok kullanılan formüllerden biri olmuştur. SRK-I formülünde AU'ya göre A sabiti modifikasyonu yapılması ile SRK-II formülü elde edilmiştir. SRK II formülüne göre, aksiyel uzunluk 20 mm altında olduğunda hedeflenen GİL gücüne 3.00 D, aksiyel uzunluk 20-21 mm arasında ise 2.00 D, aksiyel uzunluk 21-22 mm arasında ise 1.00 D eklenir. Aksiyel uzunluk 22-24.5 mm arasında ise ekleme yapılmaz. Eğer aksiyel uzunluk 24.5 mm üzerinde ise GİL gücünden 0.5 D düşülerek lens seçimi yapılır. Bu eklenen veya çıkartılan değerler formülde C sabiti olarak ifade edilir (48,63).

GİL ölçümü için geliştirilen formüllerin hangisinin daha üstün olduğu konusunda kesin bir görüş birliği yoktur. Regresyon formülleri ve 3.kuşak teorik formüller, GİL gücü hesaplamasında pratik hayatta sıkça kullanılan formüllerdir. Formüllerin başarısı, gözün aksiyel uzunluğuna göre değişebilmektedir. SRK-T formülünün AU'un 22 mm'den kısa gözlerde kullanılmaması gerektiği konusunda fikir birliği vardır (43). AU kısa olan gözler için önerilen formüller Hoffer Q ve Holladay II formülleridir (64,65). AU'un 26 mm'den uzun olduğu gözlerde ise SRK-T formülünün daha doğru sonuçlar verdiği gösterilmiştir (66,67). Son zamanlarda yeni yayınlanmış formüllerden olan Barrett Universal II formülünün de yakın zamanda yapılmış bir çalışmada AU'un 26 mm'den uzun olduğu gözlerde bilinen diğer formüllerden daha doğru sonuçlar verdiği gösterilmiştir (68).

2.7. Biometrik Parametreler ve Hata Kaynakları

Göz içi lens gücü hesaplamalarında yapılan ve ameliyat sonrasındaki dönemde karşılaşılan refraktif hataların büyük bir kısmı, ameliyat öncesi dönemde yapılan ölçüm hatalarından kaynaklanmaktadır. GİL gücü hesaplamalarında ortaya çıkan hatalar; aksiyel uzunluk ölçümünden kaynaklanan hatalar, keratometrik ölçüm hataları, postoperatif ön kamara derinliğinin yanlış tahmin edilmesi, lens üretici

firmalarından kaynaklanan hatalar, kullanılan formüllerden ve diğer bazı faktörlerden kaynaklanan hatalar olarak sıralanabilir (48).

2.7.1. Aksiyel Uzunluk Ölçümünden Kaynaklanan Hatalar

Aksiyel uzunluk ölçümü, GİL gücü hesaplamasında kullanılan en önemli biyometrik parametrelerden biridir ve GİL gücü ölçümündeki hata kaynaklarının yaklaşık %50'sinin aksiyel uzunluk ölçüm hatalarından kaynaklandığı bildirilmektedir (36,64,69,70). Aksiyel uzunluk, pratik olarak korneanın tepesi ile vitreoretinal ara yüzey arasındaki mesafe olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım esasen ultrasonografik olarak ölçülen aksiyel uzunluğu karşılamaktadır. Parsiyel koherens interferometri kullanılarak yapılan aksiyel uzunluk ölçümünde ise korneanın başlangıç planından RPE'ye kadar uzaklık ölçülmektedir ve parsiyel koherens interferometre ile laser ışığı kullanılarak yapılan uzunluk ölçümlerinin, ultrasonik ölçümlerden daha güvenilir sonuçlar verdiği bilinmektedir (39,71). Holladay'in AU ölçümlerinde standardizasyonu sağlamak için yaptığı çalışmaların sonuçlarına göre optik aksiyel uzunluk; ultrasonik aksiyel uzunluktan 0,20 mm daha uzundur (51). Ultrasonik yöntemle kornea tepesi ile vitreoretinal ara yüzey arasındaki mesafenin ölçümü sırasında ultrasonik hız kornea, aköz, lens ve vitreusta farklılık gösterir. Farklı gözler için standart ultrasonik hız kullanımı aksiyel uzunluğun yanlış ölçülmesine yol açacaktır. Farklı gözlerde uygun ultrasonik hız ayarı yapmak ve lens kesafeti derecesine göre ultrason hızını değiştirmek hataları bir miktar azaltmaktadır . Bugün kullanılan aletlerde fakik hastalarda AU ölçümü için ses hızı ortalama 1550 m/sn, psödo-fak hastalarda 1532-1550 m/sn ve afak hastalarda ise 1532 m/sn olarak kullanılmaktadır (38). Ultrasonik yöntemle hatalı aksiyel uzunluk ölçümünün diğer bir nedeni uygulanan teknikle alakalıdır. Kontakt teknikte ölçüm sırasında korneaya bası yapılmasından ötürü, immersiyon tekniğine göre AU 0,25-0,33 mm daha kısa ölçülmekte ve bu durum 1 D refraksiyon hatasına yol açmaktadır (72,73). AU'nun olduğundan daha kısa ölçülmesi postoperatif miyopik refraksiyona neden olur ve AU ölçümünde 1 mm'lik hata postoperatif refraksiyona 2,7 D olarak yansır (74,123). Kornea ile prob arasında sıvı menisküsü olması ise hatalı uzun sonuçlara neden olmaktadır. Probun üzerinde sıvı damlasının olması, kalın gözyaşı film tabakası ve

göze sürülen pomad bu duruma yol açabilmektedir (36). Nistagmus varlığında ise immersiyon tekniğinin daha doğru sonuçlar verdiği belirtilmektedir (36,38). Dekolman cerrahisi geçiren ve silikon yağı verilen gözlerin A-mod USG ile aksiyel uzunluk ölçümlerinin normal gözlere göre daha uzun olmaları akılda tutulmalıdır. Silikonlu gözlerde optik biyometri ile yapılan ölçümler daha güvenilirdir (75,76).

Hem ultrasonografik biyometri hem de optik biyometri uygulanırken her iki teknikte de en sık karşılaşılan problem, aksiyel uzunluk ölçümünün optik akstan yapılmamış olmasıdır. Optik aks, kornea verteksinden başlayıp foveadan geçen ve GİL hesaplamasında asıl önemli olan akstır. Bir diğer problem ise maküla bölgesinde dik retina ekosunun alınamamasıdır. Bu durum uygulayıcıya veya maküla bölgesindeki anormalliğe bağlı olabilmektedir. Böyle durumlarda çok sayıda ölçüm alınmalıdır ve retina ekosunun en iyi olduğu ölçüm AU olarak kabul edilmelidir. Alternatif yöntem ise diğer gözle karşılaştırmalı olarak ölçüm yapılmasıdır. Ölçüm hatasına neden olan bir diğer problem, hastanın fiksasyonunu sağlayamamasıdır. Bu durumda, hastanın diğer gözü ile fiksasyon yapmasına çalışılmalıdır. Ölçüm yapılan gözde şaşılık varsa göz olabildiğince primer pozisyona getirilerek ölçüm alınmalıdır. Ölçüm hatalarının bir diğer nedeni ölçüm yapılan cihazın kalibrasyon hatalarıdır. Bu nedenle cihazdan kaynaklanan hataları azaltmak için cihazın periyodik kalibrasyonu düzenli olarak yapılmalıdır (36,38). Aksiyel uzunluk ne kadar dikkatli yapılırsa yapılsın yaklaşık 0,1 mm lik hatanın kaçınılmaz olduğu belirtilmektedir. Fakat iki göz arasında patolojik bir farklılık olmadığı sürece aksiyel uzunluk farklılığının 0,3 mm nin üzerinde olması beklenmez. Her iki gözde yapılan ölçümler sonucunda aksiyel uzunluk farklılığı 0,3 mm'nin üzerindeyse ölçümlerin tekrarlanması önerilmektedir. Ölçümlerin tekrarlanması hata oranını azaltmaktadır (51,69,77).

2.7.2. Keratometrik Ölçüm Hataları

GİL gücü hesaplamalarında kullanılan diğer bir önemli parametre korneanın kırma gücüdür. Korneal gücü ölçmek için kullanılan keratometri ve plasiyo disk topografi gibi cihazlar sadece ön korneal yüzeyi değerlendirebilmektedir. Ancak kornea kırıcılık gücünü hesaplamak için korneanın hem iç ve hem de dış eğrilik yarıçaplarının bilinmesi gerekmektedir. Cihazlar yardımıyla korneanın sadece dış

yüzey eğrilik yarıçapı ölçülebildiği ve korneanın ön ve arka yarıçapları eşit olmadığı için kornea kırıcılığı net olarak belirlenememektedir (78,79,80). Ancak kornea arka yüzey eğrilik yarıçapının ön yüzeyden 1,2 mm daha dik olduğu bilinmektedir ve bu nedenle kornea net optik gücü, aslında keratometri ile ölçülen değerden daha düşüktür (74,81). Keratometre cihazları korneal gücü hesaplarırken arka korneal yüzey hakkında varsayımlarda bulunarak ve daha düşük refraktif indeks kullanarak bu durumu kompanse eder ve mm olarak ölçülen değer dioptriye çevrilir (74,82). Kornea kırıcılık indeksi her cihaz için farklı bir şekilde belirlenmiştir ve tercih edilecek kırıcılık indeksine göre GİL gücünde farklılıklar ortaya çıkabilmektedir. Kornea kırıcılığın ölçülmesinde yapılan 1.00 D lik hata, postoperatif refraksiyonda 1.00 D lik sapmaya neden olmaktadır (83,84). Biometrik ölçüm hatalarının %25 'inin kornea kırıcılık gücünün hesaplanmasındaki hatalardan kaynaklandığı bildirilmektedir (36). Bunun en önemli nedenleri ise kullanılan cihazın kalibrasyon hatası ve kornea kırıcılığının düzgün ölçülememesidir. Keratometri kalibrasyonundaki hatalar 0,2 mm'ye kadar çıkabilmektedir ve kalibrasyondan kaynaklanan 0,2 mm lik sapma postoperatif refraksiyonda 1.00 D lik farka yol açmaktadır (83,84). Doğru keratometrik ölçüm almak ve keratometrik ölçüm hatalarından kaynaklanan GİL gücündeki sapmaları önlemek için ölçüm yapılan cihazların kalibrasyonu rutin olarak kontrol edilmeli, K değeri 40 D nin altında ve 47 D nin üzerinde ölçülmüş ise veya iki göz arasında 1 D'den fazla silindirik fark varsa ölçümler tekrarlanmalıdır (28,85).

2.7.3. Postoperatif Ön Kamara Derinliği Tahmininde Hatalar

Ön kamara derinliği, GİL gücü hesaplamasında kullanılan önemli biyometrik ölçüm parametreleri arasında yer almaktadır. Ön kamara derinliği biyometrik cihazlarla kolaylıkla ölçülebilir fakat katarakt cerrahisinde postoperatif refraksiyonu etkileyen operasyon öncesinde ölçülen ön kamara derinliği değil, postoperatif ön kamara derinliğidir. Yapılan çalışmalarda operasyon sonrası ön kamara derinliği ile aksiyel uzunluk arasında ilişki olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle bazı parametrelerden yola çıkarak ön kamara derinliği hesabı tahmini olarak yapılmaktadır (37,86,87). Tahmini ön kamara derinliği kornea tepesi ile GİL ön yüzü

arasındaki uzaklıktır. (36,74,88,89). Anatomik ön kamara derinliği korneanın arka yüzeyi ile iris ön yüzeyi arasındaki mesafedir. Postoperatif pseudofakik ön kamara derinliği anatomik ön kamara derinliği ile cerrah faktörü (SF) sabitinin toplamına eşittir. Cerrah faktörü (SF), afakik iris ön yüzeyi ile GİL'in ön yüzey tepe noktası arasındaki mesafedir (74).

$$h = r - \sqrt{r^2 - d^2} / 4$$

(h: anatomik ön kamara derinliğidir ve korneanın arka yüzeyi ile iris ön yüzeyi arasındaki mesafe; r: kornea kurvatürünün ortalama eğrilik yarıçapı; d: ön kamara çapıdır.)

$$h = r - \sqrt{r^2 - d^2} / 4 + SF$$

Anatomik ön kamara derinliği ile karıştırılmaması için postoperatif ön kamara derinliği yerine efektif lens pozisyonu (ELP) terimi geliştirilmiştir (51,74). GİL gücü hesaplamasında ELP nin doğru tahmini, kornea gücü ve aksiyel uzunluğu doğru hesaplamak kadar önemlidir. Teorik formüllerde hesaplama için operasyon sonrası ön kamara derinliğinin tahminine ihtiyaç duyulurken regresyon formüllerinde buna ihtiyaç yoktur. Teorik formüllerde ön kamara derinliğinde yapılacak 1 mm'lik hata, miyopide 1.00 D, emetropide 1.5 D, hipermetropide 2.5 D postoperatif refraktif hataya sebep olmaktadır (36,90). Her bir lens tipi için üretici firma tarafından önerilen postoperatif tahmini ön kamara derinliği vardır. Tahmini ön kamara derinliği ön kamara lensleri için 2,8-3,3 mm, iris fiksasyonlu lensler için 3,3-3,5 mm, arka kamara lensleri için 4.00-5,3 mm arasında değişmektedir (36,91). Lens dizaynına, yerleşim yerine ve aksiyel uzunluğa bağlı olarak postoperatif ön kamara derinliği değişiklik gösterir. Sabit bir ön kamara derinliği kullanıldığında ise uzun gözlerde postoperatif hipermetropik hataya, kısa gözlerde ise postoperatif miyopik hataya neden olur (36,90). Yapılan birçok çalışmada ELP nin üretici firma tarafından belirtilen standart değerlerden çok farklı olabileceği gösterilmiştir. GİL kalınlığı, konveksitesi ve optik haptik açısı; kapsülöreksis büyüklüğü, intraokuler lensin kapsül içine ya da sulcusa yerleştirilmesi gibi birçok faktör postoperatif ön kamara derinliğini yani ELP'yi etkileyebilmektedir. Cerrahi sırasında karşılaşılan zonül diyalizi, arka kapsül açılması ya da haptiklerden birinin ya da her ikisinin sulcusta

olması gibi durumlar sonucunda tahmini ELP değerinde, yani GİL gücünde sapmalar olacaktır (51,88,92).

2.8. Göz İçi Lens Gücünü Etkileyen Diğer Faktörler

2.8.1. Kişisel A Sabiti

A sabiti değeri regresyon formüllerinin bulunması ile kullanılmaya başlanmıştır. Aksiyel uzunluğun normalden kısa ve uzun olduğu gözlerde A sabitinin modifiye edilerek kullanılmasıyla GİL gücünde olan sapmalar azalmıştır. Firmaların mercekleri için belirlediği A sabiti her mercek tipinin kendisine özgüdür. A sabiti ile ilgili faktörler; merceğin göz içindeki pozisyonu, haptik açılanması ve merceğin şeklidir. Genel olarak GİL ne kadar öne yerleşirse, A sabiti değeri de düşmektedir. A sabitinin kullanılması farklı mercekler için güç hesaplanmasının kolaylıkla değiştirilebilmesini sağlamaktadır (52,93).

2.8.2. Kullanıcı Faktörü

Holladay yaptığı geniş serili bir çalışma sonunda kullanıcı faktörünü hesaplamış ve her bir lens için ayrı ayrı bulunması gerektiğini belirtmiştir, kendine ait Holladay I formülünde bu sabiti "surgeon factor" olarak kullanmıştır. Kullanıcı faktörü aşağıdaki gibi formüle edilmiştir (51).

$$SF = (ELPo \times 0.9704) - 3.595$$

(SF: Kullanıcı faktörü ;ELPo: Etkin lens pozisyonu)

2.8.3. Göz İçi Lensi Kalınlığı

Göz içi lensin kalınlığı lensin kapsülere bağ içine yerleşimini değiştirdiği için postoperatif refraksiyonu etkilemektedir. Kalın İOL'ler ince İOL'lerden daha önde yerleşir. Kalın bir göz içi lensinde efektif lens pozisyonu ve korneaya olan uzaklık ince bir lense göre farklı olmaktadır (51).

2.8.4. Göz İçi Lensi Şekil Faktörü

Bir GİL modeli için şekil faktörü, GİL'nin fiziksel boyutu ile başlangıç planının ilişkisini belirlemeye izin verir. Şekil faktörü normal dışı gözlerde tahmin hatalarını azaltmak için yapılan çalışmalarda önemlidir (51).

2.8.5. Göz İçi Lensi Haptik-Optik İlişkisi

Göz içi lensin haptik uzunluğu, optik ve haptik arasındaki açılanma lensin yerleşimini etkilemektedir. Lensin özellikleri üretim aşamasında belirlenmiş olmasına rağmen göz içine yerleşiminden sonra bu değerlerdeki değişiklikler tam olarak kestirilememekte ve kapsüller kontraksiyon veya vitreus basısı ile lens üzerinde değişiklikler meydana gelebilmektedir. Kapsül içindeki GİL'nin yaptığı kontraksiyonun miktarı; vitreus basıncı, haptik açısı ve haptik sıkışabilirliği gibi birçok değişkenle ilişkilidir. Lens haptik-plan uzaklığı (LHPU); lensin haptik uzunluğu, haptik açılanması, optik çapı gibi parametrelerden kapsül içine sıkıştırılmamış durumda iken hesaplanabilir. Yapılan çalışmalarda, LHPU GİL'nin göz içindeki pozisyonunun tahmin edilmesine yardımcı olabileceği gösterilmiştir (51,94).

Özetle; GİL gücünü belirlerken daha doğru tahminlerde bulunabilmek için; ölçümlerin olabildiğince aynı kişi tarafından yapılması, biyometrik ölçümler sırasında dikkatli olunması, keratometri ve ultrasonografi cihazlarının kalibrasyonlarının yapılması, kontakt teknik uygulanıyorsa bası yapılmaması, ölçüm sırasında probun optik aks ile çakışmasının sağlanması, ölçümlerin tekrar tekrar yapılması, her bir lens tipi için tahmini ön kamara derinliği değerlerinin ve cerrah için kişiselleştirilmiş A sabiti değerlerinin kullanılması son derece önemlidir. Hataları engellemek için eğer aksiyel uzunluk 22 mm'den kısa, 25 mm'den uzunsa, ortalama korneal güç 40 D'den küçük, 47 D'den büyükse, her iki göz arasındaki korneal güç farkı 1.00 D'den fazla ve aksiyel uzunluk farkı 0.3 mm'den fazla ise ölçümlerin tekrarlanarak kontrolünün yapılması önemlidir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Kliniği'nde 6 Nisan 2015 ve 8 Nisan 2016 tarihleri arasında prospektif olarak gerçekleştirildi. Çalışma için Fakülte Etik Kurul onayı alındı ve katılımcılardan çalışmayla ilişkili onam elde edildi. Çalışmada göz hastalıkları kliniğine görme azlığı şikayeti ile başvuran ve yapılan göz muayenesi esnasında gözünde katarakt olduğu tespit edilen hastalar değerlendirildi. Bunun sonucunda çalışma için dahil edilme kriterlerine uyan 67 hastanın 134 gözü çalışmaya dahil edildi.

Tek gözü bulunan hastalar, pseudoeksfolyasyon, posterior sineşi, üveit, glokom, iris tümörü, keratoglobus, keratokonus, keratit gibi ek oküler bozuklukları bulunan hastalar, 18 yaş altı ve 75 yaş üzerinde olan, cerrahi gerektirecek şiddette kataraktı olmayan, kooperasyon kurulamayan ve biyometrik ölçümler sırasında uyum sağlayamayan hastalar çalışmaya dahil edilmedi.

Katarakta eşlik eden ek oküler patolojisi bulunmayan, herhangi bir travma veya oküler cerrahi öyküsü bulunmayan, 18 yaş ve 75 yaş aralığındaki katarakt cerrahisi için uygun vakalar çalışmaya dahil edildi.

Tüm hastaların Snellen eşeli ile alınan en iyi düzeltilmiş görme keskinliği seviyeleri, detaylı ön ve arka segment biyomikroskopik muayene bulguları, pupil dilatasyonu sonrası detaylı retina muayene bulguları kaydedildi. Hastalarda ayrıca göz içi basıncı ölçümleri (Canon TX-F Non Contact Tonometer, Japonya), optik biyometri ölçümleri (AL-Scan, Nidek Co. Ltd., Japonya) ve klinik açıdan gerekli olduğu durumlarda optik kohorens tomografi incelemeleri (RTVue-100, Optovue, ABD) gerçekleştirildi.

Bu çalışmada pupil dilatasyonu uygulanacak vakalarda dünya çapında yaygın olarak kullanılmakta olan tropikamid etken maddeli damla kullanıldı. Bu ilacın midriyazis ile pupil dilatasyonu sağlama etkisinin yanı sıra kısmen sikloplejik etkisi de bulunmaktadır. Çalışmada sadelik olması açısından bahsedilen bu ilacın kullanıldığı durumlar pupil dilatasyonu şeklinde isimlendirildi.

Katarakt cerrahisi için uygun olan ve cerrahi müdahaleyi kabul eden vakalardaki cerrahi esnasında yerleştirilecek GİL gücünün tayini iki ardışık optik biyometri ölçümü ile gerçekleştirildi. Optik biyometri ile alınan ölçümler her zaman

aynı araştırmacı tarafından hastalar rahat oturur pozisyonda iken, topikal anestezi uygulanmadan AL-Scan (Nidek Co. Ltd., Japonya) cihazı ile alındı. 67 hastanın her iki gözünden alınan ilk biyometrik ölçümler pupil dilatasyonu yapılmadan önce gerçekleştirildi. Daha sonra katarakt nedeniyle cerrahi tedavi endikasyonu konulan gözlere %1 tropikamid damla (Tropamid Forte; Bilim İlaç A.Ş., Türkiye) 5 dakika arayla üç kere damlatılarak son damladan 20 dakika sonra ikinci biyometrik ölçümler yapıldı. Bu hastaların katarakt cerrahisi planlanmayan diğer gözlerine ise hiçbir damla damlatılmadı ve bu gözlerde de ikinci defa optik biyometri ölçümleri tekrarlandı. Optik biyometrik ölçümleri alınan gözler pupil dilatasyonu uygulanan grup ve kontrol grubu olmak üzere iki gruba ayrıldı. Pupil dilatasyonu uygulanan grupta 67 göz, kontrol grubunda 67 göz yer aldı. 67 hastanın %1 tropikamid damla ile pupil dilatasyonu sağlandıktan sonra ikinci ölçümleri alınan kataraktlı 67 gözü pupil dilatasyonu uygulanan grupta, pupil dilatasyonu yapılmadan ikinci ölçümleri alınan diğer 67 gözü ise kontrol grubunda yer aldı. Pupil dilatasyonu uygulanan gruptaki gözlerin pupil dilatasyonu sonrası 2. ölçümleri alınırken, dilate edilmeyen ve kontrol grubunda yer alan diğer gözlerin 2. ölçümleri de aynı seansta alındı. Hesaplanacak GİL gücünün doğruluğu açısından birinci ve ikinci ölçümler esnasında üçer kez ölçümler tekrar edilerek aritmetik ortalamaları elde edildi. Pupil dilatasyonu uygulanan gruptaki ve kontrol grubundaki gözlerin birinci ve ikinci ölçümleri sırasında cihaz ekranından elde edilen keratometri değerleri (K1, K2), yatay kornea çapı (White-to-white uzaklık), ön kamara derinliği (ÖKD), pupil çapı, aksiyel oküler uzunluk değerleri (AU), GİL gücü (Diyoptri) değerleri kaydedildi. Birinci ve ikinci ölçümler sırasında her iki grupta yer alan her bir göz için GİL gücü hesaplanırken SRK-T, Hoffer Q, Holladay I ve Haigis formülleri kullanıldı ve bu formüllerle ayrı ayrı hesaplanan GİL gücü değerleri kaydedildi.

3.1. İstatistiksel Analiz

Katılımcılardan elde edilen tüm veriler SPSS 13.0.1 (SPSS, Chicago, IL; lisans no:9069728, KTU Trabzon) bilgisayar paket programında değerlendirildi. Elde edilen ölçümsel veriler ortalama \pm standart deviasyon olarak belirtildi. Ölçümsel verilerin normal dağılıma uygunluğu tek örnekli Kolmogorov-Smirnov testi ile

değerlendirildi. Birinci ve ikinci ölçüm olmak üzere elde edilen ölçümsel veri ortalamalarının karşılaştırılmasında eşleştirilmiş t testi ve Pearson korelasyon analizi kullanıldı. İstatistiksel olarak anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edildi.



4. BULGULAR

Çalışmaya, yaş ortalamaları $58,76 \pm 10,28$ (19-75 yaş) olan, 28'i (%41,8) kadın; 39'u (%58,2) erkek toplam 67 hastanın 134 gözü dahil edildi. Bu gözlerden 67'si pupil dilatasyonu uygulanan grubu, kalan 67'si ise uygulanmayan kontrol grubunu oluşturdu. Pupil dilatasyonu uygulanan grupta yer alan 67 kataraktlı gözden 38'i (%56,7) sağ; 29'u (%43,3) sol gözdü. Pupil dilatasyonu uygulanan grupta yer alan kataraktlı gözlere ait düzeltilmiş en iyi görme keskinliği seviyeleri ortalama olarak $0,47 \pm 0,23$ (0,01-0,9) idi. Pupil dilatasyonu uygulanmayan kontrol grubunda yer alan gözlere ait düzeltilmiş en iyi görme keskinliği ise $0,77 \pm 0,23$ (0,1-1,0) idi.

Pupil dilatasyonu uygulanan gruptaki gözlerin birinci ve ikinci biyometrik ölçümleri sırasında alınan aksiyel uzunluk değeri (AU), keratometri değerleri (K1, K2), yatay kornea çapı (WtW), ön kamara derinliği (ÖKD), pupil çapı (PÇ) ve merkezi korneal kalınlık (MKK) ölçümlerine ait değerler Tablo-1'de verilmiştir.

Tablo 1. Pupil Dilatasyonu Uygulanan Kataraktlı Gözlerde Dilatasyon Öncesi ve Sonrası Elde Edilen Optik Biyometri Ölçüm Neticeleri

Değişken	Pupil dilatasyonu öncesi	Pupil dilatasyonu sonrası	Fark	P Değeri
AU (mm)	$23,21 \pm 1,25$ (19,79 - 27,20)	$23,22 \pm 1,24$ (19,77 - 27,19)	$-0,0073 \pm 0,052$ (-0,02 - 0,0054)	0,25
MKK (μm)	$537,34 \pm 38,62$ (460 - 628)	$539,61 \pm 39,56$ (467 - 640)	$-2,26 \pm 3,879$ (-3,21 - -1,32)	<0,001
ÖKD (mm)	$3,22 \pm 0,43$ (2,36 - 4,13)	$3,31 \pm 0,44$ (2,40 - 4,19)	$0,9015 \pm 0,1009$ (-0,115 - -0,065)	<0,001
K1 (D)	$43,41 \pm 1,69$ (38,88 - 46,55)	$43,41 \pm 1,68$ (38,75 - 46,55)	$0,00015 \pm 0,171$ (-0,041 - 0,041)	0,9
K2 (D)	$44,27 \pm 1,67$ (39,61 - 47,27)	$44,26 \pm 1,69$ (39,52 - 47,94)	$0,011 \pm 0,227$ (-0,045 - 0,066)	0,68
PÇ (mm)	$4,43 \pm 0,92$ (2 - 7)	$6,87 \pm 0,77$ (4,4 - 8,3)	$-2,444 \pm 0,769$ (-2,63 - -2,25)	<0,001
WtW (mm)	$11,78 \pm 0,43$ (10,3 - 13,3)	$11,79 \pm 0,42$ (10,6 - 13,2)	$-0,009 \pm 0,157$ (-0,045 - 0,03)	0,64

(AU:Aksiyel uzunluk; MKK:Merkezi korneal kalınlık; ÖKD:Ön kamara derinliği; K1,K2:Keratometri değerleri; PÇ:Pupil çapı; WtW: Yatay kornea çapı)

Pupil dilatasyonu uygulanan grupta yer alan gözlerin dilatasyon öncesi ve sonrası elde edilen ölçümlerindeki AU, K1, K2 ve WtW değerlerinde istatistiksel

olarak anlamlı bir değişikliğin olmadığı görüldü (sırasıyla $p=0,25$; $p=0,9$; $p=0,68$; $p=0,64$). Ancak aynı gruptaki ÖKD, PÇ ve MKK değerlerinin ise pupil dilatasyonundan etkilendiği tespit edildi. Dilatasyon öncesi ve sonrası ölçümler karşılaştırıldığında ÖKD’de; MKK’da ve PÇ’de istatistiksel olarak anlamlı seviyede bir artış olduğu görüldü.

Tablo 2’de pupil dilatasyonu uygulanan gruba ait gözlerin dilatasyon öncesi ve sonrası elde edilen biyometrik ölçümleri sırasında SRK-T, Hoffer Q, Holladay I ve Haigis formülleri ile hesaplanan GİL gücü değerleri yer almaktadır. Buna göre dilatasyon öncesi ölçümde SRK-T, Hoffer Q, Holladay I ve Haigis formülleri ile ayrı ayrı hesaplanan intraoküler lens gücü değerleri ile, dilatasyon sonrası ölçümde aynı formüllerle hesaplanan intraoküler lens gücü değerleri arasında anlamlı bir istatistiksel farklılık yoktu.

Tablo 2. Pupil Dilatasyonu Uygulanan Kataraktlı Gözlerde Dilatasyon Öncesi ve Sonrası Ölçümler Esnasında Elde Edilen GİL Gücü Değerleri

GİL gücü hesaplama formülü	Pupil dilatasyonu öncesi	Pupil dilatasyonu sonrası	Fark	P Değeri
SRK-T(D)	21,60 ± 3,35 (12 - 33)	21,60 ± 3,29 (11,5 - 33)	-0,0075 ± 0,307 (-0,082 – 0,068)	0,84
Hoffer – Q (D)	21,71 ± 3,68 (11 - 34,5)	21,68 ± 3,62 (11 - 34,5)	0,029 ± 0,407 (-0,07 – 0,13)	0,55
Holloday – I (D)	21,67 ± 3,5 (12 - 34)	21,64 ± 3,42 (11,5 - 33,5)	0,029 ± 0,346 (-0,055 – 0,115)	0,484
Haigis (D)	21,68 ± 3,35 (12 - 33)	21,73 ± 3,25 (12 - 33)	-0,044 ± 0,386 (-0,14 – 0,05)	0,347

Kontrol grubunu oluşturan dilatasyon uygulanmayan gözlerin birinci ve ikinci ölçümlerinde elde edilen değerler Tablo-3’te sunulmuştur.

Tablo 3. Dilatasyon Uygulanmayan Kontrol Grubundaki Gözlerin İki Farklı Seansta Elde Edilen Ölçüm Neticeleri

Değişken	1. Ölçüm	2. Ölçüm	Fark	P Değeri
AU (mm)	23,21 ± 1,19 (19,36 - 26,74)	23,21 ± 1,19 (19,36 - 26,75)	-0,001 ± 0,009 (-0,0033 - 0,00125)	0,36
MKK (µm)	535,97 ± 37,40 (472 - 626)	535,87 ± 37,10 (470 - 629)	0,104 ± 2,834 (-0,587 - 0,8)	0,76
ÖKD (mm)	3,19 ± 0,41 (2,35 - 4,16)	3,19 ± 0,41 (2,35 - 4,17)	-0,001 ± 0,008 (-0,0033 - 0,0001)	0,28
K1 (D)	43,47 ± 1,62 (38,84 - 46,94)	43,48 ± 1,60 (38,97 - 47,01)	-0,004 ± 0,219 (-0,0582 - 0,048)	0,86
K2 (D)	44,36 ± 1,68 (40,27 - 47,67)	44,37 ± 1,68 (40,42 - 47,54)	-0,015 ± 0,249 (-0,076 - 0,045)	0,61
PÇ (mm)	4,41 ± 0,87 (2 - 6)	4,35 ± 0,89 (2,4 - 6,3)	0,050 ± 0,506 (-0,0729 - 0,174)	0,41
WtW (mm)	11,81 ± 0,40 (10,8 - 13,1)	11,80 ± 0,41 (10,8 - 13,1)	0,013 ± 0,071 (-0,004 - 0,03)	0,12

(AU:Aksiyel uzunluk; MKK:Merkezi korneal kalınlık; ÖKD:Ön kamara derinliği; K1,K2:Keratometri değerleri; PÇ:Pupil çapı; WtW:Yatay kornea çapı)

Kontrol grubundaki dilatasyon uygulanmayan gözlerin birinci ve ikinci biyometrik ölçümleri esnasında SRK-T, Hoffer Q, Holladay I ve Haigis formülleri ile hesaplanan GİL gücü değerleri ise Tablo-4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Kontrol Grubundaki Dilatasyon Uygulanmayan Gözlerin İki Farklı Seansta Elde Edilen Göz İçi Lens Gücü Ölçüm Neticeleri

GİL gücü hesaplama formülü	1. Ölçüm	2. Ölçüm	Fark	P Değeri
SRK-T (D)	21,53 ± 3,21 (12 - 35)	21,52 ± 3,26 (12 - 35)	0,0075 ± 0,295 (-0,064 - 0,08)	0,83
Hoffer - Q (D)	21,61 ± 3,54 (11,5 - 37)	21,61 ± 3,59 (11,5 - 37)	-0,0075 ± 0,384 (-0,101 - 0,086)	0,87
Holloday - I (D)	21,60 ± 3,30 (12 - 36)	21,56 ± 3,33 (12 - 35,5)	0,044 ± 0,334 (-0,036 - 0,126)	0,27
Haigis (D)	21,60 ± 3,23 (12,5 - 35)	21,57 ± 3,19 (12,5 - 35)	0,029 ± 0,368 (-0,06 - 0,12)	0,50

Tablo-3 ve Tablo-4 incelendiğinde dilatasyon uygulanmayan kontrol grubundaki gözlerde birinci ve ikinci ölçümler esnasında elde edilen AU, K1, K2, WtW, ÖKD, PÇ, MKK değerleri ile SRK-T, Hoffer Q, Holladay I ve Haigis formülleri ile hesaplanan GİL gücü değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık sergilemediği görüldü.



5. TARTIŞMA

Katarakt günümüzde görme problemlerinin başta gelen nedenleri arasında yer almaktadır ve katarakt cerrahisinde temel hedef, saydamlığını yitirmiş lensin çıkarılması ve yerine yapay bir GİL yerleştirilmesidir. Ancak cerrahi teknikler ve GİL teknolojisindeki gelişmeler ve artan hasta beklentileri doğrultusunda katarakt cerrahisi günümüzde aynı zamanda bir refraktif cerrahi yöntem olarak da değerlendirilmektedir. Başarılı katarakt cerrahisi ve hasta memnuniyeti için cerrahın başarılı olması ve cerrahi tekniğin başarılı bir şekilde uygulanması kadar uygun GİL seçimi ve GİL gücünün doğru hesaplanması da son derece önemlidir. İstenilen refraktif düzeye ulaşabilmek için GİL gücünü en doğru şekilde hesaplamak ve GİL gücü hesabında kullanılan parametreleri en doğru şekilde ölçmek son derece önemlidir. Hastaların katarakt ameliyatı sonrasındaki beklentilerinin yüksekliği göz önüne alındığında, ameliyat öncesi yapılan biyometrik ölçümlere, en az cerrahi işlem kadar özen göstermek gerekmektedir (30,64,74,95).

Hastaların katarakt cerrahisinden beklentilerinin yüksek olması oftalmologları bu konuda daha dikkatli davranmaya itmiştir ve postoperatif refraktif sapmaları en az düzeye indirebilmek için daha kesin sonuç veren biyometri uygulamaları ve yeni kuşak GİL gücü hesaplama formülleri araştırılmıştır. Bu nedenle GİL gücü hesaplamaları yapılırken artık tüm dünyada optik biyometri yöntemi altın standart yöntem olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve GİL gücü hesaplamaları esnasında yapılan biyometrik ölçümler dünya genelinde rutin olarak optik biyometri cihazlarıyla gerçekleştirilmektedir (95,96,97,98,99). Biz de kliniğimizde GİL gücü hesaplamaları sırasında optik biyometri cihazı olarak AL-Scan (Nidek Co. Ltd., Japonya) kullanmaktayız.

GİL gücü hesaplamaları yapılırken aksiyel uzunluk (AU); ön kamara derinliği (ÖKD) ve korneal kurvatür değerlerinin ölçümleri oldukça önemlidir. Olsen, GİL implantasyonu sonrası öngörülebilir refraktif hataların %36'sının AU ölçümlerinden, %42'sinin ÖKD ölçümlerinden ve %8'inin korneanın kırma gücü ölçümlerinden kaynaklandığını bildirmiştir (74). GİL gücü hesaplamaları esnasında biyometrik ölçümler alınırken optik aks üzerinden ölçüm yapılması gerektiği için doğru aksiyel uzunluk ölçümü için hastanın fiksasyon yapması gerekmektedir. Bu konuda bazı araştırmacılar hastanın fiksasyonunu bozacağı için, biyometrik ölçümler sırasında

hastaya midriyatik damlaların damlatılmamış olması gerektiğini savunmaktadırlar (100). Ancak katarakt cerrahisi planlanan tüm hastalara biyometrik ölçümlerden önce dilate fundus muayenesini içeren rutin oftalmolojik muayene yapılmakta ve bu nedenle midriyazis sağlamak amacıyla sikloplejik ajanlardan faydaniılmaktadır. Biz de kliniğimizde katarakt hastalarını ameliyata hazırladığımız rutin prosedürde pupil dilatasyonu yapmaktayız. Biometrik ölçümler sırasında kötü fiksasyon nedeniyle ölçümlerde sapmalar olabileceği hipotezi göz önüne alındığında biometrik ölçümlerin pupil dilatasyonundan önce mi yoksa sonra mı yapılması gerektiği önem arz etmektedir. Pupil dilatasyonu sonucu bozulan akomodasyon ve fiksasyon sonucunda özellikle aksiyel uzunluk ölçümünde ve GİL gücünde sapmalar olabileceği ileri sürülmüştür (101).

Pupil dilatasyonu sağlamak için kullanılan sikloplejik ajanlar fiksasyonu etkileyerek AU ölçümünü etkileyebileceği gibi akomodasyonu bozarak da AU ölçümünde sapmalara yol açabilmektedir. Akomodasyon sırasında gözün aksiyel uzunluğunda artma olduğu daha önce yapılmış olan çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Atchison and Smith aksiyel uzunluk üzerine akomodasyonun etkisini incelemişler ve 10.6 D akomodasyonun aksiyel uzunluk ölçümü üzerinde 18-26 µm değişikliğe yol açtığını bulmuşlardır (102). Drexler ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, emetrop gözlerde 5,1±1,2 D akomodasyon ile aksiyel uzunluk ölçümünde 12,7 µm ; miyop gözlerde ise 4,1±2 D akomodasyon ile aksiyel uzunluk ölçümünde 5,2 µm artış olduğunu belirtmişlerdir. (103). Aksiyel uzunluk ölçümü GİL gücü hesaplamasında kritik bir basamaktır ve AU ölçümünde yapılan 0,1 mm hata postoperatif dönemde 0,27 D refraksiyon hatasına yol açmaktadır (74).

Pupil dilatasyonu aynı zamanda ön segment parametreleri üzerinde değişikliklere yol açmaktadır ve literatürde siklopleji ve pupil dilatasyonunun ön segment parametreleri üzerine yaptığı değişikliklerin farklı cihazlarla incelendiği birçok çalışma yer almaktadır (11,104-108). IOL master ile biyometrik ölçümler üzerinde yapılan bir dizi ön çalışmada pupil dilatasyonun aksiyel uzunluk ölçümleri üzerine etkisi araştırılmıştır. 2002 yılında Heatley ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada midriyazisin IOL Master ile yapılan AU ölçümlerini etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Fakat bu çalışmada örneklem boyutu küçük olduğu için, katarakt dışında fiksasyonu etkileyen makula patolojileri gibi ek oküler hastalıkları

olan hastalar çalışmadan çıkarılmadığı için ve kontrol grubuyla eşleştirilmediği için, çıkan sonucun güvenilirliğinin düşük olduğuna dikkat çekilmiştir (100). Sheng ve arkadaşlarının 2004 yılında, Bansal ve arkadaşlarının 2008 yılında IOL Master ile yaptıkları çalışmalarda pupil dilatasyonu öncesi ve sonrasında ölçülen aksiyel uzunluk ölçümlerinde anlamlı değişiklik saptanmamıştır (109,110). Huang ve arkadaşlarının Lenstar LS900 ve IOLMaster ile yaptıkları çalışmada ise yine AU ölçümlerinde pupil dilatasyonu ile anlamlı farklılık saptanmamıştır (111). Arıcı ve arkadaşlarının, pupil dilatasyonun IOLMaster ile yapılan optik biyometrik ölçümler üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada AU ölçümleri üzerine pupil dilatasyonunun etkisi bulunmamıştır (112). Kaya ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, pupil dilatasyonu öncesinde ve sonrasında Aladdin optik biyometri cihazı ile ölçümler alınmış ve AU ölçümlerinde pupil dilatasyonu sonrasında anlamlı değişiklik olmamıştır (dilatasyon öncesi AU:23,37 ± 0,95; dilatasyon sonrası AU: 23,37 ± 0,94; P:0,76) (12).

Literatürde AL-Scan ile yapılmış az sayıda çalışma bulunmaktadır. Can ve arkadaşlarının %1 siklopentolat damla ile pupil dilatasyonu sağlayarak yaptıkları çalışmada AL-Scan ile yapılan biyometrik ölçümlerde AU ölçümünün pupil dilatasyonundan etkilenmediği sonucuna ulaşılmıştır (108). Bizim AL-Scan ile yapmış olduğumuz bu çalışmanın sonuçlarına göre dilatasyondan önce ve sonra yapılan aksiyel uzunluk ölçümlerinde istatistiksel olarak fark yoktur (dilatasyon öncesi ortAU:23,21±1,25; dilatasyon sonrası ortAU: 23,22±1,24; P:0,25). Çalışmamızdan çıkan bu sonuç pupil dilatasyonun aksiyel uzunluk ölçümünü etkilemediği diğer çalışmaların sonuçlarıyla örtüşmektedir.

Akomodasyonun biyometrik ölçümler üzerine olan bir diğer etkisi korneanın şekli üzerinde değişikliklere neden olarak ortaya çıkabilmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda akomodasyonun korneanın şeklinde birtakım değişikliklere yol açarak refraktif gücünü etkileyebileceği ileri sürülmüştür (113). Bu nedenle siklopleji ile pupil dilatasyonu sonucu akomodasyonun engellenmesiyle korneanın keratometrik gücünde sapmalar olabilmektedir. Saitoh ve arkadaşları yaptıkları çalışmada pupil dilatasyonu sonrasında korneanın ön ve arka yüzeyinde değişiklik olduğunu ve bunun sonucunda korneanın refraktif gücünün değiştiğini bulmuşlardır (114). Pupil dilatasyonu sonucu korneanın keratometrik parametrelerinde saptanan bu teorik

değişikliklerin klinik olarak önemi çeşitli çalışmalarla araştırılmıştır. Heatley ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada pupil dilatasyonu öncesi ve sonrasında alınan K2 değeri ve ortalama keratometri değerlerinde anlamlı değişiklik saptanmıştır (100). Bakbak ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada ise pupil dilatasyonunun K1 değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılığa yol açtığı sonucuna ulaşılmış fakat bu farklılık aynı çalışmada SRK-T formülü ile hesaplanmış olan GİL gücü ölçümlerinde farklılık ortaya çıkarmamıştır. Bu çalışmada pupil dilatasyonunun keratometrik değerler üzerinde yaptığı bu değişiklik, pupil dilatasyonu için kullanılan sikloplejik damlanın kornea epitelinde değişikliklere neden olmasıyla açıklanabilir. Aynı çalışmada pupil dilatasyonu sonrasında meydana gelen akomodatif değişiklik de keratometrik ölçümlerin farklı ölçülmesine yol açmış olabilir (115). Literatürde pupil dilatasyonun keratometrik değerler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı değişikliğe yol açmadığı çalışmalar da mevcuttur. Galia ve arkadaşları, IOLMaster ile 318 gözde dilatasyon öncesi ve sonrası yaptıkları ölçümlerde korneanın refraktif gücünde anlamlı bir farklılık olmadığını saptamışlardır (dilatasyon öncesi ortalama K:44.3705 ±1.479 D; dilatasyon sonrası ort. K:44.3690±1.509 D; p=0,933) (101). Bharkbhum ve arkadaşlarının 384 göz üzerinde yaptıkları biyometrik ölçümlerde; ortalama K1 değeri dilatasyon öncesi 44,05± 1,53 D; dilatasyon sonrası 44,03±1,54 D olarak; K2 değeri dilatasyon öncesi 45,03±1,6 D; dilatasyon sonrası 45,03± 1,59 D olarak bulunmuş ve dilatasyon öncesi ve sonrası alınan keratometrik değerler istatistiksel olarak incelendiğinde anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (sırasıyla p=1,1677; p=0,9495) (116). Arriola-Villalobos ve arkadaşlarının 2013 yılında yaptıkları ve pupil dilatasyonunun biyometrik ölçümler üzerine olan etkisini araştırdıkları çalışmada pupil dilatasyonun keratometrik ölçümler üzerinde anlamlı bir değişikliğe yol açmadığı sonucuna ulaşılmıştır (117). Bizim çalışmamızda da ise AL- Scan ile aldığımız dilatasyon öncesi ortalama K1 ve K2 değerleri sırasıyla 43,41±1,69 D ve 44,27±1,67 D; dilatasyon sonrası ortalama K1 ve K2 değerleri sırasıyla 43,41±1,68 D ve 44,26±1,69 D 'dir. Yaptığımız analize göre pupil dilatasyonu öncesinde ve sonrasında aldığımız keratometrik değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ve bu sonuç literatürde ki diğer çalışmaların sonuçlarıyla örtüşmektedir.

GİL gücü ölçüm aşamasında karşımıza çıkan ve pupil dilatasyonundan etkilendiği savunulan bir diğer parametre ön kamara derinliğidir. Farmakolojik pupil dilatasyonu ve siklopleji ile lens iris diyaframının geriye doğru hareket ettiği ve ön kamara derinliğinin arttığı bilinmektedir (106,118,119). Literatürde pupil dilatasyonunun iris volümü artırdığını ve ön kamara derinliğini azalttığını savunan bazı çalışmalar olsa da (120); birçok çalışmada pupil dilatasyonu sonrasında ön kamara derinliğinin arttığı bulunmuştur (104,105,106,121). Palamar ve arkadaşları sağlıklı gözlerde pupil dilatasyonu öncesinde ve %1 tropikamid damla ile pupil dilatasyonu sonrasında ölçümler yapmışlardır. Bu çalışmada sağlıklı gözlerde yaptıkları ölçümlerde ortalama ön kamara derinliğini; sağ göz için dilatasyondan önce ortalama 3.06 ± 0.37 mm (2.30–3.76 mm) ve dilatasyondan sonra ortalama 3.16 ± 0.33 mm (2.53–3.85 mm); sol göz için dilatasyondan önce ortalama 3.11 ± 0.38 mm (2.33–3.80 mm), dilatasyondan sonra ortalama 3.19 ± 0.34 mm (2.53–3.90 mm) olarak ölçmüşlerdir. Palamar ve arkadaşlarının yaptıkları bu çalışmada her iki göz için de dilatasyon sonrasında ön kamara derinliğinde saptanan bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (104). Arriola ve arkadaşları Lenstar LS 900 ile katarakt cerrahisi için GİL ölçümleri yapılan gözler üzerinde ölçümler almış ve pupil dilatasyonun ön kamara derinliği üzerinde yaptığı değişikliğin anlamlı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında dilatasyon öncesindeki ortalama ön kamara derinliğini $3,066 \pm 0,37$; dilatasyon sonrasındaki ortalama ön kamara derinliğini $3,114 \pm 0,37$ olarak bulmuşlardır (117). Can ve arkadaşlarının AL-Scan ile yaptıkları ölçümlerde dilatasyon öncesi ortalama ön kamara derinliği 3.36 mm (2.66–5.74); dilatasyon sonrası ortalama ön kamara derinliği 3.45 mm (2.72–5.70) olarak ölçülmüştür. Can ve arkadaşlarının yaptıkları bu çalışmada ön kamara derinliğinin pupil dilatasyonundan etkilendiği ve pupil dilatasyonu sonrasında anlamlı ölçüde arttığı bulunmuştur (108). Literatürde pupil dilatasyonun ön kamara derinliği üzerine etkisinin incelendiği bu ve benzeri bir çok çalışmada dilatasyon sonrasında ön kamara derinliğinde artış olduğu saptanmıştır ve bizim çalışmamızın sonuçları da bu anlamda literatür tarafından desteklenmektedir.

Biyometrik ölçümler sırasında ölçülen aksiyel uzunluk, ön kamara derinliği ve keratometri değerleri özellikle efektif lens pozisyonunu belirlemek için önemlidir. Günümüzde GİL gücü hesabı için sıkça kullanılmakta olan Hoffer Q, Holladay I ve

Sanders-Retzlaff-Kraff/theoretical (SRK/T) formüllerinde efektif lens pozisyonunu belirlemek için AU ve K değerleri olmak üzere başlıca iki değişkene ihtiyaç duyulmaktadır (117). Ön kamara derinliğindeki değişiklikler ise özellikle Haigis, Olsen ve Holladay II gibi formüllerin kullanılarak yapıldığı GİL gücü ölçümlerinde refraktif sapmalara neden olabilmektedir. Haigis formülünde GİL gücü hesabı için aksiyel uzunluk, ön kamara derinliği ve kornea eğrilik yarıçapı gibi parametreler yer almaktadır. Olsen formülünde ise AU, K, ÖKD, Lens kalınlığı (LK) ve yatay kornea çapı (white to white uzunluk) ölçümü olmak üzere beş değişken kullanılmaktadır. Holladay II formülünde ise Olsen formülünde kullanılan değişkenlere ek olarak hasta yaşı ve preoperatif refraksiyon da dahil olmak üzere yedi parametre kullanılmaktadır (43,56,57).

Pupil dilatasyonu ve siklopleji lens iris diyaframını geri çekerek ön kamara derinliğinde artışa neden olurken aynı zamanda lens kalınlığında da azalmaya neden olmaktadır ve pupil dilatasyonun özellikle Haigis, Olsen ve Holladay II formülleri kullanılarak yapılan GİL ölçümlerini etkilemesi beklenmektedir. Nitekim Rodriguez-Raton ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada pupil dilatasyonu öncesi ve sonrasında IOLMaster 500 ile yapılan biyometrik ölçümlerde, pupil dilatasyonu sonrasında alınan ÖKD anlamlı ölçüde daha derin bulunmuş ve dilatasyon sonrası Haigis formülü kullanılarak yapılan GİL gücü ölçümlerinde sapmalar olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada SRK-T formülü kullanılarak yapılan GİL ölçümlerinde anlamlı farklılık saptanmamıştır (122). Özyol ve arkadaşlarının hastaları prepresbiyopik (n=38) ve presbiyopik (n=42) olarak sınıflandırarak yaptığı çalışmada, %1 siklopentolat ile pupil dilatasyonu öncesi ve sonrasında ölçümler alınmıştır. Her iki grup için dilatasyondan önce ve sonra IOLMaster ile pupil çapı, MKK, keratometrik değerler, WtW, ÖKD, LK, AU değerleri ölçülmüş, SRK-T, Holladay II, ve Haigis formülleri kullanılarak GİL gücü ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışmada her iki grupta da dilatasyon sonrasında LT değerlerinde anlamlı azalma, ÖKD değerlerinde anlamlı artış olduğu bulunmuştur. GİL gücü ölçümlerinde her iki grupta da SRK-T formülü kullanılarak yapılan ölçümlerde anlamlı farklılık izlenmemiştir. Prepresbiyopik gözlerde ise Holladay II formülü ile hesaplanan GİL gücünde istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiş ve prepresbiyopik gözlerde Holladay II ve Haigis formülleriyle refraktif tahminlerde farklılık olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada

özellikle prepresbiyopik gözlerde sikloplejinin Holladay II ve Haigis formülleri ile hesaplanan GİL ölçümlerinde refraktif tahminlerde sapmalara yol açabileceği vurgulanmıştır (123).

Bharkbhum ve arkadaşlarının 2015 yılında yayınladıkları çalışmada pupil dilatasyonu sonrasında ÖKD’de anlamlı ölçüde artış görülürken aynı çalışmada AU ve keratometri değerlerinde pupil dilatasyonu ile farklılık gözlenmemiştir. Bu çalışmada GİL gücü hesaplamaları için SRK-T formülü kullanılmıştır ve beklenildiği üzere AU ve K değerlerinde farklılık olmadığından ötürü GİL gücü değerlerinde de pupil dilatasyonu ile anlamlı farklılık meydana gelmemiştir (116). Adler ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada da sonuç benzerdir (101). Bharkbhum ve arkadaşları, pupil dilatasyonun Haigis formülü ile hesaplanan GİL gücü üzerine olan etkisini araştırmak için bir çalışma daha yapmışlardır. Bharkbhum ve arkadaşlarının 2016 yılındaki yayınladıkları bu çalışmanın sonuçlarına göre pupil dilatasyonu sonrasında ölçülen AU ve K değerlerinde anlamlı değişiklik yoktur fakat dilatasyon sonrasındaki ÖKD ve Haigis formülü ile hesaplanan GİL gücü değerlerinde anlamlı bir farklılık vardır (124).

Ön kamarada meydana gelen değişikliğin Holladay II ve Haigis formülleri ile yapılan GİL ölçümlerinde hatalara yol açabileceği bildirilmişse de literatürdeki bazı çalışmalarda bu formüllerle yapılan ölçümlerde dilatasyon sonrası ön kamera derinliği artmış olmasına rağmen bu değişiklik GİL gücü hesaplamalarına yansımamıştır. Örneğin Arriola-Villalobos ve arkadaşlarının Lenstar LS 900 ile yaptıkları çalışmada 72 gözde dilatasyondan önce ve 1% tropikamid damla ile dilatasyondan sonra biyometrik ölçümler alınmış ve dilatasyon sonrasındaki ÖKD ‘de anlamlı artış olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada GİL gücü hesaplamaları için SRK-T ve Holladay II formülleri kullanılmış ve dilatasyon sonrası hem SRK-T hem de Holladay II formülleri ile hesaplanan GİL gücü değerlerinde anlamlı bir sapma olmamıştır (117). Arriola-Villalobos ve arkadaşlarının yaptığı bu çalışmada pupil dilatasyonu sonrasında lens kalınlığında da anlamlı bir farklılık kaydedilmemiştir (117).

Lens kalınlığında akomodasyon ile anlamlı değişiklikler meydana geldiği bilinmektedir (125). Fakat tropikamid damla ile yapılan pupil dilatasyonu akomodasyonu ve lens kalınlığını siklopentolat damla kadar etkilememektedir (11).

Pollack ve arkadaşları %1 tropikamid damla sonrasında akomodasyonun tamamen ortadan kalkmadığını ve 1.3 D kadar rezidüel akomodasyonun kaldığını bildirmişlerdir (126). Arriola-Villalobos ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada LT değerlerinde değişiklik olmaması; bu çalışmada pupil dilatasyonu sağlamak için tropikamid damla kullanılmış olmasından kaynaklanmış olabilir (117). Nitekim Özyol ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada pupil dilatasyonu için sağlamak için %1 siklopentolat kullanılmış ve lens kalınlığında anlamlı değişiklik kaydedilmiştir (123). Biz yaptığımız çalışmada pupil dilatasyonu sağlamak amacıyla %1 tropikamid damla kullandık. Fakat çalışmamızda incelediğimiz değişkenler arasında lens kalınlığı yer almamaktadır. Bu nedenle %1 tropikamid damla ile pupil dilatasyonu sonrasında lens kalınlığının nasıl etkilendiği konusunda yorum yapamamaktayız.

Çalışmamızda yer alan her bir göz için SRK-T, Hoffer Q, Holladay I ve Haigis formüllerini kullanarak hesapladığımız GİL gücü değerlerinde pupil dilatasyonu sonrasında anlamlı değişiklik olmamıştır. SRK/T, Hoffer Q ve Holladay I formülleri ile hesaplanan GİL gücü değerlerinde değişiklik olmaması çalışmamız için beklenen bir sonuçtur. Çünkü dilatasyon öncesi ve sonrası aldığımız AU ve K değerlerinde anlamlı bir farklılık yoktur. Fakat Haigis formülü kullanarak yaptığımız GİL ölçümlerinde; ÖKD' de değişiklik olmasına rağmen önemli bir sapma olmamış; pupil dilatasyonu sonrasında karşılaştığımız ön kamara derinliğindeki artış Haigis formülü ile hesaplanan GİL gücü ölçümlerine yansımamıştır.

Refraktif tahminler ve GİL gücü hesaplamaları yapılırken birçok hata kaynağı vardır. Aksiyal uzunlukta, postoperatif ÖKD ve korneal radius ölçümünde yapılan 0.1 mm'lik bir hata, hedeflenen değerden sırasıyla 0.27 D, 0.15 D ve 0.57 D sapmaya neden olmaktadır (123). Olsen(74) ve Norby(127)'nin bildirdiğine göre postoperatif ÖKD, refraktif tahmini hatanın ana kaynağıdır (sırasıyla 42% ve 35.5%). Sikloplejinin ve pupil dilatasyonunun ön segment parametreleri üzerine olan etkisini ve GİL gücü hesaplamasını nasıl etkileyebileceğini belirlemek, refraktif hataları en aza indirmek açısından önemlidir. Bu amaç doğrultusunda planladığımız ve gerçekleştirdiğimiz çalışmamızın sonuçlarına göre pupil dilatasyonu sonrasında ölçtüğümüz aksiyel uzunluk ve keratometrik değerlerde anlamlı bir değişiklik olmamıştır fakat pupil dilatasyonu sonrasında ölçtüğümüz ön kamara derinliği değerlerinde anlamlı bir artış meydana gelmiştir.

İncelediğimiz diğer değişkenler arasında yatay kornea çapı (White-to-white uzaklık; mm), pupil çapı (PÇ; mm) ve merkezi korneal kalınlık (MKK;µm) yer almaktadır. Çalışmamızdan çıkan diğer sonuçlara göre dilatasyon sonrası beklenildiği üzere pupil çapında anlamlı bir artış oldu. Pupil dilatasyonu sonrası ölçtüğümüz WtW değerlerinde anlamlı bir değişiklik kaydetmedik fakat MKK değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artma olduğunu tespit ettik. Literatürde bizim çalışmamızın sonuçlarına benzer şekilde pupil dilatasyonu sonrası MKK’ da artma olduğu tespit edilen farklı çalışmalar da mevcuttur. Gao ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada tropikamid damla uygulama öncesinde ölçülen ortalama MKK değeri $525 \pm 42 \mu\text{m}$; uygulama sonrası ölçülen ortalama MKK değeri $549 \pm 44 \mu\text{m}$ olarak bulunmuş ve aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (128). Saitoh ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada da benzer şekilde tropikamid damla sonrasında MKK ölçüm değerlerinde anlamlı bir artış izlenmiştir (114). Gao ve arkadaşları, MKK değerlerinde izlenen bu artışın, tropikamid damla uygulama sonrasında korneanın fizyolojik metabolizmasının bozulmasından ve kornea epitelinin bariyer fonksiyonunun bozulmasından kaynaklanmış olabileceğini ileri sürmüşlerdir (128). Chang ve arkadaşları da yaptıkları çalışmada %1 tropikamid uygulama sonrasında MKK değerlerinde anlamlı artış olduğu raporlamışlardır. Bu çalışmada %1 tropikamid damla uygulama sonrasında MKK ölçümleri alınırken bu esnada dilate pupil ile fiksasyon yapılmasının refleks gözyaşı artışına neden olarak bu duruma yol açmış olabileceği ileri sürülmüştür (129). Arriola ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada ise %1 tropikamid ile pupil dilatasyonu sonrasında MKK değerlerinde artış olduğu gösterilmiş fakat pupil dilatasyonu sonrası MKK değerlerinde izlenen bu farklılık (dilatasyon öncesi ortalama MKK: $546,44 \pm 30,77 \mu\text{m}$; dilatasyon sonrası ortalama MKK: $547,57 \pm 30,7 \mu\text{m}$; $p:0,084$) istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır (117). Pupil dilatasyonu sonrasında MKK değerlerinde artma olduğu belirtilen çalışmaların yanısıra pupil dilatasyonu sonrası MKK değerlerinde azalma olduğunu belirten çalışmalar da vardır. Palamar ve arkadaşlarının %1 siklopentolat damla uygulanan ve pupil dilatasyonu yapılan gözler üzerinde yaptıkları ölçümlerde, %1 siklopentolat damla uygulama öncesinde ölçülen ortalama MKK değeri sağ göz için $582,18 \pm 47,33 \mu\text{m}$, sol göz için $588,88 \pm 49,32 \mu\text{m}$ iken, %1 siklopentolat damla uygulama sonrası ölçülen ortalama MKK değeri sağ göz için

562,72±35,97 µm, sol göz için 570,58±38,21 µm'dir. Bu çalışmada siklopleji sonrası her iki gözde ölçülen MKK değerlerinde anlamlı bir azalma vardır (p<0,01). Siklopentolat damla uygulama sonrasında izlenen ortalama MKK değerlerinde azalma, siklopentolatın muskarinik reseptör antagonisti olması ve bu nedenle gözyaşı sekresyonunda azalmaya yol açması ile izah edilmiştir. Çalışmadan çıkan bu sonuca göre siklopentolat damla uygulama sonrası gözyaşı sekresyonunda azalma ve gözyaşı film kalınlığında azalma olmasından ötürü MKK ölçüm değerlerinde azalma olmuş olabilir (106). Palamar ve arkadaşlarının %1 tropikamid damla uygulanan gözler üzerinde ön segment parametrelerinde meydana gelen değişiklikleri inceledikleri bir diğer çalışmada ise %1 tropikamid damla uygulama sonrası ölçülen MKK değerlerinde anlamlı değişiklik izlenmemiştir (104). Bu durum tropikamidin antimuskarinik etkisinin siklopentolattan daha zayıf olması ile açıklanabilir (105,130). Bizim %1 tropikamid damla kullandığımız bu çalışmada ise pupil dilatasyonu öncesinde kaydettiğimiz ölçüm sonuçlarına göre, pupil dilatasyonu sonrası MKK değerlerinde anlamlı bir artma olduğunu kaydettik ve bu durum daha önce yapılmış olan diğer çalışmalarda olduğu gibi tropikamid damlanın kornea epitelinde yaptığı değişiklik sonucu meydana gelmiş olabilir (114,128).

Yaptığımız çalışmada WtW değerlerinde anlamlı bir değişiklik olmamıştır. Çalışmamızdan çıkan bu sonuç literatürde yer alan bazı çalışmaların sonuçlarıyla örtüşmemektedir. Huang ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada hem Lenstar hem de IOLMaster ile yapılan biyometrik ölçümlerde pupil dilatasyonun WtW değerleri üzerinde değişikliğe yol açtığı gösterilmiştir. Her iki optik biyometri cihazı ile pupil dilatasyonu öncesinde ve sonrasında yapılan ölçümlerde WtW değerlerinde pupil dilatasyonu sonrasında anlamlı bir artış olduğu kaydedilmiştir (111). Arıcı ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada da benzer şekilde %1 siklopentolat damla ile pupil dilatasyonu sonrasında ölçülen WtW değerlerinde anlamlı bir artış izlenmiştir (112). Klinik pratikte WtW uzunluk siliyer sulcus çapını ölçmek, uygun GİL çapını belirlemek, mikrokornea gibi çeşitli göz malformasyonlarını belirlemek ve konjenital ya da infantil glokom tanısı konulan hastaları takip etmek için kullanılmaktadır (112,131). Pupil dilatasyonu sonrası yapılan ölçümlerde WtW değerlerinin neden daha uzun ölçüldüğü net olarak bilinmemektedir. Fakat pupil dilatasyonu sırasında irisin katlanarak iris ve sklera sınırında karanlığa neden olduğu ve böylece iris ve

sklera bileşkesindeki parlak ve koyu alanlarının belirlenmesinde zorluğa neden olarak WtW ölçümlerini etkileyebileceği ileri sürülmüştür (111,112,123). Pupil dilatasyonu ile iris ve sklera sınırının belirlenmesinde sapmalar olabilmekte ve ölçümler iris periferine katlandığı için skleraya daha yakın bir bölgeden alınmakta ve böylece WtW değerleri daha uzun ölçülmektedir (111,112).

Sonuç olarak yaptığımız çalışmada pupil dilatasyonunun SRK/T, Hoffer Q, Holladay I ve Haigis formülleri ile hesaplanan GİL gücü değerlerinde klinik olarak anlamlı değişikliğe yol açmadığı bulunmuştur. Çalışmamızda pupil dilatasyonu sağlamak için tropikamid etken maddeli damla kullanılmıştır. Tropikamid antimuskarinik bir ilaçtır ve bu ilacın başlıca etkisi midriyazistir. Ancak bu ilacın midriyatik etkisinin yanı sıra kısmen sikloplejik etkileri de bulunmaktadır. Çalışmamızda özellikle ön kamara derinliğinde elde edilen değişimlerin tropikamidin sikloplejik etkisinden dolayı ortaya çıkmış olması muhtemeldir. Dolayısıyla izole pupil dilatasyonunun biyometrik ölçümler üzerindeki etkisini net bir biçimde ortaya çıkarabilmek için, pupil dilatasyonunun fenilefrin gibi sempatomimetik bir ilaçla sağlanarak yapılacağı çalışmalar bu konuyu net bir biçimde ortaya çıkarabilir. Dahil edilen hasta sayısının nispeten az oluşu ve bu yüzden aksiyel uzunluğun kısa (<21 mm) ve uzun (>25 mm) olduğu vakaların ayrıca değerlendirmeye tabi tutulmaması çalışmamızın diğer eksik yönleridir.

6. SONUÇLAR

Pupil dilatasyonun biyometrik ölçümler ve GİL gücü hesaplamaları üzerine olan etkisini araştırmak amacıyla gerçekleştirdiğimiz bu çalışmanın sonuçlarına göre pupil dilatasyonu sonrası ön kamara derinliği artmaktadır. Ön kamara derinliğinde meydana gelen değişikliklerin özellikle dördüncü kuşak teorik formüller kullanılarak yapılan GİL gücü hesaplamalarını etkilemesi beklenmektedir. Çalışmamızda yer alan gözler için GİL gücü hesaplamaları yapılırken SRK-T, Hoffer Q, Holladay I ve Haigis formüllerini kullandık. Bu formüller içerisinde SRK-T, Hoffer Q ve Holladay I formülleri üçüncü kuşak teorik formüllerdir. Haigis formülü ise dördüncü kuşak teorik formüller arasında yer almaktadır. Çalışmamızda SRK-T, Hoffer Q, Holladay I formülleri ile hesapladığımız GİL gücü değerlerinde pupil dilatasyonu ile anlamlı değişiklik olmadı. Fakat ilginç bir şekilde Haigis formülü kullanarak hesapladığımız GİL gücü değerlerinde de pupil dilatasyonu ile anlamlı bir değişiklik kaydetmedik. Bu durum çalışmaya dahil edilen hasta sayısının düşük olması ya da hastalara ait kişisel özellik farklarından kaynaklanmış olabilir. Çalışmamızdan çıkan diğer bir sonuca göre merkezi korneal kalınlık değerlerinde de pupil dilatasyonu için damla uygulandıktan sonra artış gelişmektedir. Bu durumun gözyaşı film tabakasındaki kalınlık değişiminden köken almış olması muhtemeldir. Diğer biyometrik ölçümlerden aksiyel uzunluk, yatay kornea çapı (WtW) ve keratometrik değerler üzerinde pupil dilatasyonu uygulamasının anlamlı bir değişikliğe sebep olmadığı tespit edilmiştir.

7. KAYNAKLAR

1. World Health Organization. Programme for the prevention of blindness and deafness. Global initiative for the elimination of avoidable blindness. (WHO/PBL/99.61). Geneva: WHO,1998:1-2.
2. Kohnen T, Baumeister M, Kook D, Klaproth O, Ohrloff C. Cataract Surgery with Implantation of an Artificial Lens. Dtsch Arztebl Int. 2009 Oct; 106(43): 695–702.
3. Daniel M, Scott F, Christopher G. Cataract surgery and quality of life implications. Clinical Interventions in Aging 2007;2(1) 105–108.
4. Rubin G, Adamson I, Stark W. Comparison of acuity, contrast sensitivity and disability glare before and after cataract surgery. Arch Ophthalmol. 1993;111:56–61.
5. Singh K, Misbah A, Saluja P, Singh AK. Review of manual small-incision cataract surgery. Indian J Ophthalmol. 2017;65(12):1281-1288.
6. Floyd RP. History of cataract surgery. In: Albert DM, Jacobiec FA (eds). Principles and Practise of Ophthalmology. Philadelphia: WB Saunders, 1994: 606-613.
7. Baykara M, Sabur H, Poroy C, Akova Budak B, Yılmaz H, Tok M. Evaluation of the Factors Affecting the Postoperative Refraction after Phacoemulsification Surgery with Different Types of Intraocular Lens Implantation. Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi 2014; 40 (1) 23-26.
8. Erkul S, Üretmen Ö. Göziçi Mercekleri. In:O'Dywer Aydın P(çeviri ed). American academy of ophthalmology. Cilt 3. Klinik Optik. Ankara: Güneş Tıp Kitapevleri, 2007-2008: 216.
9. Kongsap P, Comparison of a new optical biometer and a standard biometer in cataract patients. Eye and Vision 2016;3:27.
10. Ademola-Popoola DS, Nzeh DA, Saka SE, Olokoba LB, Obajolowo TS. Comparison of ocular biometry measurements by applanation and immersion A-scan techniques. J Curr Ophthalmol. 2016 Feb 9;27(3-4):110-4

11. Marchini G, Babighian S, Tosi R, Perfetti S, Bonomi L. Comparative study of the effects of 2% ibopamine, 10% phenylephrine, and 1% tropicamide on the anterior segment. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2003;44(1):281–289.
12. Kaya F, Kocak I, Aydın A, Baybora H, Koc H, Eliacık H. The Effect Of Pupil Dilation On Biometric Parameters Of The Aladdin Optical Biometry. *International Journal Of Medical Science And Clinical Inventions* 2016;3(5): 1902-1907.
13. Özçetin H. Lens Anatomisi ve Histolojisi. In: Özçetin H (ed). *Katarakt ve Tedavisi*. 1.baskı. İstanbul: Scala basım: 2005:8-23.
14. Ascaso F.J, Huerva V. The History of Cataract Surgery. Edited by Farhan Husain Zaidi. In: *Cataract Surgery*, 2013; Chapter 6.
15. Özçetin H, Başar D. Katarakt cerrahisinin tarihçesi. In: Özçetin H (ed). *Katarakt ve tedavisi*. 1. baskı. İstanbul: Scala, 2005:96-136.
16. Sadıgov F, Kurna S, Kurna R, Küçümen R, Ermiş S. Katarakt Cerrahisi. In: O'Dywer Aydın P(çeviri ed). *American academy of ophthalmology. Lens ve Katarakt*. Cilt 11. Ankara: Güneş Tıp Kitapevleri, 2008-2009:91-98.
17. Özçetin H. Göziçi lensi. In: Özçetin H (ed). *Katarakt ve tedavisi*. 1.baskı. İstanbul: Scala, 2005:139-167.
18. Çubuk H. Göziçi lens uygulaması. In: Tamçelik N, Özçetin H (eds). *Fakoemülsifikasyon*. 1. baskı. İstanbul: Fikret Özsan Matbaası, 2004:121-134.
19. Werner L, Izak A, Isaacs R. Evaluation of intraocular lens implantation. In: Yanoff M, Duker JS (eds). *Ophthalmology*. 2nd ed. St Louis: Mosby Inc, 2004:293-307.
20. Steven P, Schearing SP. Evolution of the posterior chamber intraocular lenses. *J Am Intraocul Implant Soc* 1984;10:343-6.
21. Biler E. İnsan Gözünün Optiği. In: O'Dywer Aydın P(çeviri ed). *American academy of ophthalmology. Klinik Optik*. Cilt 3. . In: O'Dywer Aydın P(çeviri ed). 2007-2008:105.
22. Feynman RP. Visible light. In: Podos SM, Yanoff M (eds). *Optics and Refraction*. 2st ed. Hong Kong: Gower Medical Publishing, 1991:1-11.
23. Güler C. Klinik Optik. In: O'Dywer Aydın P, Akova Y(eds). *Temel Göz Hastalıkları*. 3.baskı. Ankara: Güneş Tıp Kitapevleri, 2015:127.

24. Katz M. The human eye as an optical system. In: Duane TD, Jaeger EA (eds). Clinical Ophthalmology. 3th ed. Philadelphia: Harper and Row Publishers, 1987:28.
25. Eğrilmez S. Geometrik optik, gözün kırıcı yapıları, alan derinliği, gözün yüksek aberasyonları. XXX. Ulusal Oftalmoloji Kursu, 2-4 Nisan 2010, Ankara. Kurs Kitabı, 23-38.
26. Stein HA, Slatt BT, Stein RM. Fitting Guide for Rigid and Soft Contact Lenses: A practical approach. CV Mosby, St Louis 1990; pp 355-367.
27. Schechter RJ. Optics of intraocular lenses. in: Clinical Ophthalmology. Duane TD, Jaeger EAeds. Harper and Row Publishers, Philadelphia 1987; pp: 52-54.
28. Dursun M.E. Konjenital Katarakt Operasyonu Sonrası Refraktif Hata Değişikliklerini Biyometrik Formüllerle Saptamak. Uzmanlık Tezi. Diyarbakır: Dicle Üniversitesi; 2010.
29. Alpar JJ, Fehner PU. İntraocular Lenses. Thieme Inc. New York 1986; pp70-99.
30. Abit M.S, Karakurt A, Küçük E. Evaluation of Preoperative and Postoperative Ocular Parameters By Ultrasound Biometry in Patients with Cataract. Glo-Kat 2015;10:119-124
31. Mundt GH, Hughes WE. Ultrasonics in ocular diagnosis. Am J Ophthalmol 1956; 41:488-98.
32. Ossoinig KC. Quantitative echography-the basis of tissue differantation. J Clin Ultrasound 1974;2:33-46.
33. Shammash HJ. A comprasion of immersion and contact techniques for axial lenght measurements. Am Intraocul Implant Soc J. 1984;10: 444-447.
34. Byrne SF, Gren RL. Axial eye length measurements (chpt:6). Ultrasound of the eye and orbit in ed: Klein EA. Mosby comp. 1992;215-241
35. Şahin A, Hamrah P. Clinically Relevant Biometry. Curr Opin Ophthalmol. 2012 ; 23(1): 47-53.
36. Koçak N, Öner H, Yaman A. Biyometri teknikleri ve özellikli olgularda biyometrik değerlendirme. T Klin Oftalmoloji 2002;11:108-16.

37. Şakalar Y.B. Göziçi Lens Uygulamasında Biyometri Formüllerinin Ameliyat Sonrası Refraksiyona Etkilerinin Karşılaştırılması. Uzmanlık Tezi. Diyarbakır; 2004.
38. Çankaya C, Doğanay S. Intra Ocular Lens Power Calculation and Optic Biometry. Glo-Kat 2011;6:207-214.
39. Doğanay S, Borazan M. Refraktif cerrahi geçirmiş olgularda göz içi lens gücü hesaplamasındaki problemler ve optik koherens biometri. T Klin Oftalmol. 2004;13:94-103.
40. Haigis W. Optical biometry using partial coherence interferometry. In: Shammaş HJ(ed). Intraocular lens power calculations. Thorafare, NJ, Slack. 2004;141-157.
41. Packer M, Fine IH, Hoffman RS. Immersion A-scan compared with partial coherence interferometry; outcomes analysis. J Cataract Refract Surg. 2002;28:239-242.
42. Bhatt AB, Scheffler AC, Feuer WJ. Comparison of predictions made by the Intraocular lens Master and ultrasound biometry. Arch Ophthalmol. 2008;126:929-933.
43. Turczynowska M, Koźlik-Nowakowska K, Gaca-Wysocka M, Grzybowski A. Effective Ocular Biometry and Intraocular Lens Power Calculation. European Ophthalmic Review, 2016;10(2):94–100
44. Nidek User's guide, Specifications, AL-Scan, Gamagori, Japan. 2012:220-1
45. Roibeard O'hEineachain. New Biometry Tools. Eurotimes. 2013;18:10.
46. Bayhan HA, Bayhan SA, Muhafız E, Can İ. Optik Düşük Koherens Reflektometri ve Kombine Scheimpflug-Placido Disk Topografisi ile Değerlendirilen Ön Segment Parametrelerinin Karşılaştırılması. Glo-Kat. 2013;8:78-82.
47. Rajan MS, Keilhorn I, Bell JA. Partial coherence laser interferometry vs conventional ultrasound biometry in intraocular lens power calculations. Eye (Lond). 2002Sep; 16(5):552-6.
48. Erkeyhan G. Pupilla Dilatasyonunun Hesaplanan İntraoküler Lens Gücüne Etkisi (Uzmanlık Tezi). Mersin: Mersin Üniversitesi ; 2010.

49. Shahzad H.S.F. Biometry for Intra-Ocular Lens (IOL) power calculation;2017: eyewiki.aao.org.
50. Shammas HJ. Intraocular Lens Power calculations. 2nd ed. Thorofare: Slack Incorporated, 2004:189-99.
51. Holladay JT. Standardizing constants for ultrasonic biometry, keratometry and intraocular lens power calculations. J Cataract Refract Surg 1997;23: 1356-70.
52. Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC. Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula. J Cataract Refract Surg 1990;16:333-340.
53. Hoffer KJ. The Hoffer Q formula: A comparison of theoretic and regression formulas. J Cataract Refract Surg 1993; 19: 700-712.
54. Holladay JT, Musgrove KH, Prager TC. A three-part system for refining intraocular lens power calculation. J Cataract Refract Surg 1988;14:17-24.
55. Wang J, Chang S. Optical biometry intraocular lens power calculation using different formulas in patients with different axial lengths. Int J Ophthalmol, 2013;6:150-4.
56. Voytsekhivskyy O.V. Development and Clinical Accuracy of a New Intraocular Lens Power Formula (VRF) Compared to Other Formulas. Am J Ophthalmol 2018 ;185:56-67.
57. Mahdavi S, Holladay J. IOLMaster 500 and integration of the Holladay2 Formula for intraocular lens calculations. Eur Ophthalmic Rev 2011;5:134-5.
58. Retzlaff J. A new intraocular lens calculation formula. Am Intra-ocular Implant Soc J 1980;6:35-9.
59. Sanders DR, Kraff MC. Improvement of intraocular lens power calculation using empirical data. Am Intraocular Implant Soc J 1980;6:27-31.
60. Sanders DR. Intraocular lens power calculations techniques and results. In: Stark WJ, Terry AC, Maumenee AE (eds). Anterior segment surgery. Baltimore: Williams and Wilkins , 1987;37-47.
61. İlker SS. Arka kamara lens gücü hesaplamalarında regresyon formülleri.Göz içi lens implantasyonunda temel bilgiler. Ed: Özçetin H.1991; pp:36-39.

62. Sanders DR, Retzlaff JA, Kraff MC, Gimbell HV, Raanan MG. Comparison of the SRK-T formula and other theoretical and regression formulas. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:341-6.
63. Swadique M, Nazia D, Mol S. Comparison Of Accuracy Of Srk T And Hoffer Q Formula In Short Eye Balls. *Medical and Allied Sciences* 2015; 4(1):56-61
64. Wang J, Chang S. Optical biometry intraocular lens power calculation using different formulas in patients with different axial lengths. *Int J Ophthalmol* 2013;6:150-4.
65. Hoffer KJ. Clinical results using the Holladay 2 intraocular lens power formula. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:1233-7.
66. El-Nafees R, Moawad A, Kishk H, Gaafar W. Intraocular lens power calculation in patients with high axial myopia before cataract surgery. *Saudi J Ophthalmol* 2010;24:77-80.
67. Aristodemou P, Knox Cartwright NE, Sparrow JM, Johnston RL. Formula choice: Hoffer Q, Holladay 1, or SRK/T and refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery with biometry by partial coherence interferometry. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:63-71
68. Chong EW, Mehta JS. High myopia and cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2016;27:45-50.
69. Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 1992;18(2):125-129.
70. Findle O. Biometry and intraocular lens power calculation. *Curr Opin Ophthalmol* 2005;16(1):61-61
71. Kiss B, Findl O, Menapace R, Wirtitsch M, Petternel V, Drexler W, Rainer G, Georgopoulos M, Hitzzenberger CK, Fercher AF. Refractive outcome of cataract surgery using partial coherence interferometry and ultrasound biometry: clinical feasibility study of a commercial prototype II. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:230-234.
72. Lee AC, Qazi MA, Pepose JS. Biometry and intraocular lens power calculation. *Curr Opin Ophthalmol* 2008 Jan;19(1):13-7.
73. Shammas HJ.: A comparison of immersion and contact techniques for axial length measurement. *J Am Intraocul Implant Soc.* 1984;10:444-447.

74. Olsen T, Calculation of intraocular lens power: a review, *Acta Ophthalmol Scand*, 2007;85:472–85
75. Murray DC, Durrani OM, Good P. Biometry of the silicone oil-filled eye. *Eye* 1999;13:319-324.
76. Murray DC, Durrani OM, Good P, Benson MT, Kirkby GR. Biometry of the silicone oil-filled eye:II. *Eye* 2002 ;16(6):727-30.
77. Eddin AS, Abdel H, Ahmad K. Intraocular lens power calculation in triple procedure. *Br J Ophthalmol* 1989; 73:709-13.
78. Corbett MC, Rosen ES. Corneal topography in cataract surgery. In: Yanoff M, Duker JS (eds). *Ophthalmology*. 2nd ed. St Louis: Mosby Inc, 2004:309- 14.
79. Olsen T. On the calculation of power from curvature of the cornea. *BrJ Ophthalmol*. 1986; 70: 152-154.
80. Patel S, Marshall J, Fitzke FW. Shape and radius of the posterior corneal surface. *Refract Corneal Surgery* 1993; 9: 173-181.
81. Binkhorst RD. Biometric A scan ultrasonography and intraocular lens power calculation. In: Emery JM (ed). *Current Concepts in Cataract Surgery*; St Louis, CV Mosby, 1978;pp 175-182.
82. Miller D, Thall HE, Atebara HN. Ophthalmic Instrumentation. In: Yanoff M, Duker JS (eds). *Ophthalmology*. 2nd ed. St Louis: Mosby Inc, 2004:88-107.
83. İnan Y, Kural G. Biyometrik ölçümlerle göz içi lens gücünün hesaplanmasının postoperatif refraksiyona etkisi. *T Oft Gaz* 1992;22:249- 252.
84. Preero L, Modorati G, Bruncato R. Clinical variability in keratometry, ultrasound biometry measurements and emmetropic lens power calculation. *J Cataract Refract Surg*.1991; 17:91-94.
85. Çelikkol L, Ahn D, Çelikkol G, Feldman ST. Calculating intraocular lens power in eyes with keratoconus using videokeratography. *J Cataract Refract Surg* 1996;22: 497-50.
86. Shammas HJ. Postoperatif Anterior Chamber Depth for Anterior Chamber Lenses. *Am Intraocular Implant Soc J* 1980;6:153.
87. Hoffer KJ. Preoperative Cataract Evaluation: intraocular lens calculation. *Int Ophthalmol Clin* 1982; 22:37.

88. Olsen T, Corydon L, Gimbel H. Intraocular lens power calculation with an improved anterior chamber depth prediction algorithm. *J Cataract Refract Surg* 1995;21:313-19.
89. Olsen T. Prediction of the effective postoperative (intraocular lens) anterior chamber depth. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32(3) : 419-24.
90. Olsen T. Prediction of intraocular lens position after cataract extraction. *J Cataract Refract Surg* 1986; 12: 376-9.
91. Shammash HJ. Axial length measurements. In: Klein EA, eds. *Atlas of ophthalmic ultrasonography and biometry*. St Louis: Mosby Company, 1984: 273-301.
92. Özdemir N. Oküler biyometri ve göziçi lens gücü hesaplaması. In: Özçetin H (ed). *Katarakt ve tedavisi*. 1.baskı. İstanbul: Scala, 2005:169-7.
93. Erkul S, Üretmen Ö. Göziçi Mercekleri. In: O'Dwyer Aydın P (çeviri ed). *American academy of ophthalmology. Klinik Optik. Cilt 3*. Ankara: Güneş Tıp Kitapevleri ;2007-2008:219-20.
94. Norrby NES, Koranyi G. Prediction of intraocular lens power using the lens haptic plane concept. *J Cataract Refract Surg* 1997; 23: 254-259.
95. Németh J, Fekete O, Pesztenlehrer N. Optical and ultrasound measurement of axial length and anterior chamber depth for intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:85–88.
96. Salouti R, Nowroozzadeh MH, Zamani M. Comparison of the ultrasonographic method with 2 partial coherence interferometry methods for intraocular lens power calculation. *Optometry* 2011;82:140–147.
97. Kielhorn I, Rajan MS, Tesha PM, Subryan VR, Bell JA. Clinical assessment of the Zeiss IOLMaster. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29:518–522.
98. Haigis W, Lege B, Miller N, Schneider B. Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for the intraocular lens calculation according to Haigis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2000;238:765–773.
99. Chen YA, Hirschschall N, Findl O. Evaluation of 2 new optical biometry devices and comparison with current gold standard biometer. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37:513–517.

100. Heatley CJ, Whitefield LA, Hugkulstone CE. Effect of pupil dilation on the accuracy of the IOLMaster. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28(11):1993–1996.
101. Adler G, Shahar J, Kesner R, et al. Effect of pupil size on biometry measurements using the IOLMaster. *Am J Ophthalmol*. 2015;159(5):940–944.
102. Atchison DA, Smith G. Possible errors in determining axial length changes during accommodation with the IOLMaster. *Optom Vis Sci* 2004;81:283Y6.
103. Drexler W, Findl O, Schmetterer L, Hitzenberger C, Fercher AF. Eye elongation during accommodation in humans: differences between emmetropes and myopes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1998; 39(11):2140–2147.
104. Palamar M, Alkan Z, Egrilmez S, Yagci A. Influences of tropicamide on anterior segment parameters with Pentacam in healthy individuals. *J Ocul Pharmacol Ther* 2013;29(3): 349–352.
105. Arıcı C, Turk A, Ceylan OM, Kola M, Hurmeric V. Effects of 1% cyclopentolate hydrochloride on anterior segment parameters obtained with Pentacam in young adults. *Arq Bras Oftalmol* 2014;77(4):228–232.
106. Palamar M, Egrilmez S, Uretmen O, Yagci A, Kose S. Influences of cyclopentolate hydrochloride on anterior segment parameters with Pentacam in children. *Acta Ophthalmol* 2011;89(5):461–465.
107. Mak H, Xu G, Leung CK. Imaging the iris with swept-source optical coherence tomography: relationship between iris volume and primary angle closure. *Ophthalmology* 2013;120(12): 2517–2524.
108. Can E, Duran M, Çetinkaya T, Arıtürk N. The effect of pupil dilation on AL-scan biometric parameters. *Int Ophthalmol* 2016;36(2):179–183.
109. Sheng H, Bottjer CA, Bullimore MA. Ocular component measurement using the Zeiss IOLMaster. *Optom Vis Sci* 2004;81(1):27–34.
110. Bansal S, Quah SA, Turpin T, Batterbury M. Biometric calculation of intraocular lens power for cataract surgery following pupil dilatation. *Clin Exp Ophthalmol* 2008 Mar;36(2):156-8
111. Huang J, McAlinden C, Su B. The effect of cycloplegia on Lenstar and the IOLMaster biometry. *Optom Vis Sci* 2012; 89(12):1691–1696.

112. Arici C, Turk A, Ceylan OM, Kola M. The Effect of Topical 1% Cyclopentolate on IOLMaster Biometry. *Optom Vis Sci*. 2014 Nov;91(11):1343-7.
113. Pier'scionek BK, Popiołek-Masajada A, Kasprzak H. Corneal shape change during accommodation. *Eye* 2001;15(6): 766–769.
114. Saitoh K, Yoshida K, Hamatsu Y, Tazawa Y. Changes in the shape of the anterior and posterior corneal surfaces caused by mydriasis and miosis: detailed analysis. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(5):1024–1030.
115. Bakbak B, Koktekir BE, Gedik S, Guzel H. The effect of pupil dilation on biometric parameters of the Lenstar 900. *Cornea* 2013;32(4):21–24.
116. Khambhiphant B, Chatbunchachai N, Pongpirul K. The effect of pupillary dilatation on IOL power measurements by using the IOLMaster. *Int Ophthalmol*. 2015;35:853–859.
117. Arriola-Villalobos P, Diaz-Valle D, Garzon N. Effect of pharmacologic pupil dilation on OLCR optical biometry measurements for IOL predictions. *Eur J Ophthalmol* 2014; 24(1):53–57.
118. Schachar RA. *The mechanism of accommodation and presbyopia*. Amsterdam, The Netherlands: Kugler Publishers; 2012:1–266.
119. Glasser A, Campbell MC. Biometric, optical and physical changes in the isolated human crystalline lens with age in relation to presbyopia. *Vision Res* 1999;39(11):1991–2015.
120. Aptel F, Denis P. Optical coherence tomography quantitative analysis of iris volume changes after pharmacologic mydriasis. *Ophthalmology* 2010;117(1):3–10.
121. Cheung SW, Chan R, Cheng RC, Cho P. Effect of cycloplegia on axial length and anterior chamber depth measurements in children. *Clin Exp Optom* 2009;92(6):476–481.
122. Rodriguez-Raton A, Jimenez-Alvarez M, Arteche- Limousin L, Mediavilla-Pena E, Larrucea Martinez I. Effect of pupil dilation on biometry measurements with partial coherence interferometry and its effect on IOL power formula calculation. *Eur J Ophthalmol* 2015; 25(4):309–314.

123. Ozyol P, Ozyol E, Baldemir E. Changes in Ocular Parameters and Intraocular Lens Powers in Aging Cycloplegic Eyes. *Am J Ophthalmol*. 2017 Jan;173:76-83.
124. Khambhiphant B, Sasiwilasagorn S, Chatbunchachai N, Pongpirul K. Effect of pupillary dilation on Haigis formula-calculated intraocular lens power measurement by using optical biometry. *Clin Ophthalmol* 2016; 10: 1405–1410.
125. Read SA, Collins MJ, Woodman EC, Cheong SH. Axial length changes during accommodation in myopes and emmetropes. *Optom Vis Sci* 2010;87:656-62.
126. Pollack SL, Hunt JS, Polse KA. Dose-response effects of tropicamide HCl. *Am J Optom Physiol Opt* 1981;58(5):361–366.
127. Norrby S. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(3):368–376.
128. Gao L, Fan H, Cheng AC, Wang Z, Lam DS. The effects of eye drops on corneal thickness in adult myopia. *Cornea* 2006;25:404-7.
129. Chang SW, Lo AY, Su PF. Anterior Segment Biometry Changes with Cycloplegia in Myopic Adults. *Optom Vis Sci*.2016 Jan;93(1):12-8.
130. Hofmeister EM, Kaupp SE, Schallhorn SC. Comparison of tropicamide and cyclopentolate for cycloplegic refractions in myopic adult refractive surgery patients. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31(4):694-700.
131. Cakmak HB, Cagil N, Simavli H, Raza S. Corneal white-to-white distance and mesopic pupil diameter. *Int JOphthalmol* 2012;5:505Y9.