



Ön Segment Derinliğinin 7 Farklı Göz İçi Lens Hesaplama Formülünün Doğruluğu Üzerindeki Etkisi

The Effect of Anterior Segment Depth on the Accuracy of 7 Different Intraocular Lens Calculation Formulas

© Cem Kesim*, © Ayşe Yıldız-Taş**, © Melisa Zişan Karşlıoğlu*, © Murat Hasanreisioğlu**, © Orkun Müftüoğlu**, © Afsun Şahin**

*Koç Üniversitesi Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, İstanbul, Türkiye

**Koç Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Öz

Amaç: Ön segment derinliğinin (ÖSD; ön kamara derinliği ve lens kalınlığının toplamı), aksiyel uzunlukları (AU) 22,5 ve 24,5 mm arasında olan hastalarda 7 farklı göz içi lens formülü ile hesaplanan değerlerin doğrulukları üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi.

Gereç ve Yöntem: Bu retrospektif çalışmada, katarakt cerrahisi geçirmiş hastalar ÖSD ölçümlerine göre üç gruba ayrıldı (Grup 1: ÖSD <7,30 mm, Grup 2: ÖSD 7,30-7,90 mm arası, Grup 3: ÖSD >7,90 mm). Her grubun ortalama prediktif hata (OPH), ortalama mutlak hata (OMH) ve ortanca mutlak hata (OtcMH) değerleri karşılaştırıldı. ÖSD'nin lens formüllerinin prediktif hataları (PH) üzerindeki etkisi, ilaveten ortalama keratometri (K) değerlerine göre belirlenmiş alt gruplarda sınıandı (alt Grup 1: K <42,0 D, alt Grup 2: K 42,0-44,5 D arası, alt Grup 3: K >44,5 D).

Bulgular: Çalışma 184 hastanın 184 gözünü kapsadı. Grup 1'de Olsen OLCR ve Barrett II haricindeki tüm formüller klinik miyopik OPH'ye sahipti. Grup 2'de Barrett II haricindeki tüm formüller istatistiksel olarak sıfırdan farklıydı ($p>0,05$). Grup 3'te tüm formüllerin OPH'leri istatistiksel olarak hipermetropik bulundu. Grup 3'te Olsen OLCR haricindeki tüm formüllerin Grup 1 ve 2'ye kıyasla istatistiksel olarak daha hipermetropik sonuçlara kaydığı bulundu ($p<0,05$). ÖSD; SRK/T, Holladay 1, HofferQ, Barrett II Hill-RBF ve Haigis formüllerinin PH'leriyle olumlu korele idi. ÖSD, ortalama K'nin 42,0 D'den büyük olduğu olgularda Olsen OLCR hariç tüm formüllerin PH'leriyle benzer şekilde korele idi.

Sonuç: AU'su 22,5 ve 24,5 mm arasında olan gözlerde, daha büyük ÖSD'si olan gözlerin lens formül tahminleri anlamlı derecede hipermetropik idi.

Anahtar Kelimeler: Ön segment derinliği, prediktif hata, lens formülü, aksiyel uzunluk

Abstract

Objectives: To evaluate the effect of anterior segment depth (ASD; sum of anterior chamber depth and lens thickness) on the accuracy of 7 intraocular lens formulas calculated in patients with axial length (AL) between 22.5 and 24.5 mm.

Materials and Methods: In this retrospective study, patients who underwent cataract surgery were divided into three groups based on their ASD measurements (Group I: ASD <7.30 mm, Group II: ASD between 7.30-7.90 mm, Group III: ASD >7.90 mm). The mean predictive error (MPE), mean absolute error (MAE), and median absolute error (MedAE) values of each group were compared. The effect of ASD on the predictive error (PE) of each lens formula was additionally tested in subgroups based on mean keratometry (K) values (Subgroup I: K <42.0 D, Subgroup II: K between 42.0-44.5 D, Subgroup III: K >44.5 D).

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Afsun Şahin, Koç Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: afsunshahin@gmail.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0002-5083-5618

Geliş Tarihi/Received: 19.02.2021 **Kabul Tarihi/Accepted:** 24.08.2021

Cite this article as: Kesim C, Yıldız-Taş A, Karşlıoğlu MZ, Hasanreisioğlu M, Müftüoğlu O, Şahin A. The Effect of Anterior Segment Depth on the Accuracy of 7 Different Intraocular Lens Calculation Formulas. Turk J Ophthalmol 2022;52:228-236

©Telif Hakkı 2022 Türk Oftalmoloji Derneği
Türk Oftalmoloji Dergisi, Galenos Yayınevi tarafından yayınlanmıştır.

Results: The study included 184 eyes of 184 patients. In Group I, all formulas except Olsen OLCR and Barrett II had clinically myopic MPEs. In Group II, the MPEs of all lens formulas except Barrett II were statistically non-different from zero ($p>0.05$). In Group III, the MPEs of all lens formulas were found to be statistically hyperopic. In Group III, all formulas except Olsen OLCR were significantly shifted to more hyperopic results when compared with Groups I and II ($p<0.05$). ASD was positively correlated with the PEs of the SRK/T, Holladay I, Hoffer Q, Barrett II, Hill-RBF, and Haigis formulas. In cases with mean K greater than 42.0 D, ASD was similarly correlated with PE for all formulas except Olsen OLCR.

Conclusion: In eyes with AL between 22.5 and 24.5 mm, the predictions of lens formulas were significantly hyperopic in cases with greater ASD.

Keywords: anterior segment depth, predictive error, lens formula, axial length

Giriş

Mikroinsizyonel tekniklerin ortaya çıkmasıyla birlikte katarakt cerrahisi dünya çapında en sık yapılan cerrahi haline gelmiştir. Göz içi lens (GİL) hesaplamalarında çıktır açan gelişmelere rağmen, olguların %30-40'ında prediktif refraksiyon hedefleri ile $\pm 0,50$ diyoptri (D) veya daha fazla fark ortaya çıkmaktadır. Bu sorun büyük ölçüde preoperatif etkin lens pozisyonu (ELP) tahminindeki belirsizlikten kaynaklanmaktadır.¹

Aksiyel uzunluk (AU) ve keratometri (K) ölçümleri tüm GİL hesaplama formüllerinin temel parametreleri olmasına rağmen, postoperatif ön kamara derinliği (ÖKD) ile neredeyse eşanlı olan ELP ile doğrudan ilişkili değildir. Bu nedenle, yeni formüller ELP'yi tahmin etmek için ameliyat öncesi ÖKD ve lens kalınlığı (LK) ölçümlerini ayrı ayrı kullanır.^{2,3,4} Yaşam boyu sabit kalan ve tekrarlanabilir AU ve K ölçümlerinden farklı olarak ÖKD ve LK ölçümleri doğal akomodasyon, farmakolojik siklopleji, yaşlanma gibi durumlardan belirgin şekilde etkilenebilmektedir.^{5,6,7,8} Bu durumlarda, LK'deki artışa ÖKD'de yaklaşık olarak eşit bir azalma eşlik eder. Bunun tersi de geçerlidir.⁹ Bunun sonucunda, ELP'yi tek tek ÖKD veya LK ölçümünden daha iyi tahmin etmek için AU ve K ile karşılaştırılabilir, stabil ve güvenilir bir biyometrik parametre olabilecek nispeten stabil bir ön segment derinliği (ÖSD; ÖKD ve LK toplamı) elde edilebilir.

En sık kullanılan verjans formülleri (Holladay 1, SRK/T, Hoffer Q, ve Haigis) AU, K veya ÖKD ölçümlerini kullanarak ELP'yi tahmin eder (Holladay 1, SRK/T, ve Hoffer Q'de AU ve K kullanılır; Haigis'de AU ve ÖKD kullanılır).^{10,11,12,13} Yeni nesil formüller, GİL hesaplamasını farklı şekillerde geliştirmeye çalışır. Barrett II Universal, LK ve beyazdan-beyaza ölçümlerini içeren 5 değişkenli bir verjans formülü iken, Olsen ışın izleme ile ÖKD ve LK'den türetilen bir C sabitini temel almaktadır. Hill-Radial Basis Fonksiyonu (Hill-RBF) ise yapay zeka tabanlı bir formüldür.^{3,4,14} Bu çalışmanın temel amacı ÖSD'nin bu GİL hesaplama formüllerinin tahminleri üzerine etkisini değerlendirmek ve bu formüllerin farklı ÖSD değerine sahip gözlerde postoperatif prediktif hatalarını (PH) değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem

Çalışmaya Dahil Edilen Hastalar

Çalışma için, Koç Üniversitesi Etik Kurulu'ndan onay alındı (karar no: 2019.410.IRB2.131), ve çalışma süresince Helsinki Bildirgesi İlkeleri'ne bağlı kalındı.

Temmuz 2018-Mayıs 2019 tarihleri arasında deneyimli cerrahlar (A.S., O.M.) tarafından katarakt cerrahisi yapılarak

AcrySof SN60WF (Alcon Laboratories, Inc.) takılan ardışık hastalar retrospektif olarak çalışmaya dahil edildi. Çalışmaya dahil edilme kriterleri; (1) daha önce oküler cerrahi geçirmemiş olmak, (2) katarakt dışında herhangi bir oküler hastalığı olmamak ve (3) AU'nun 22,5-24,5 mm arasında olması. İntraoperatif veya postoperatif komplikasyonları olan ve postoperatif 1. ayda düzeltilmiş uzak görme keskinliği 20/40'tan daha kötü olan hastalar çalışma dışı bırakıldı.

Verilerin Hesaplanması ve Analizi

Preoperatif AU, ortalama K, ÖKD, LK değerleri optik düşük-kohrens reflektometre (ODKR) (Lenstar LS900, Haag-Steit AG) ile ölçüldü. Gözler ÖSD dağılımlarına göre üç gruba ayrıldı: ÖSD değeri 7,30 mm'den düşük olan gözler Grup 1, 7,30-7,90 mm aralığında olanlar Grup 2, 7,90 mm'den büyük olanlar Grup 3'e dahil edildi. Her gözü manifest refraksiyonu deneyimli bir göz hekimi (C.K.) tarafından ameliyattan en az 1 ay sonra değerlendirildi.

Dört verjans formülü (SRK/T, Holladay 1, Hoffer Q, Haigis) ve 3 yeni nesil formülün (Olsen, Barrett II, Hill-RBF) doğruluğu değerlendirildi. Her GİL için Laser Girişimli Biyometri Kullanıcıları Grubu ("User Group for Laser Interference Biometry", ULIB) lens sabitleri kullanıldı.¹⁵ Tüm formül hesaplamaları, ODKR cihazının (EyeSuite, Haag-Steit AG) varsayılan yazılım programı kullanılarak yapıldı. Formüller, bu çalışma popülasyonundaki sistemik PH'yi saptamak için optimize edilmemişti. Her formül için PH, prediktif refraktif hatanın gerçek postoperatif sferik refraksiyon değerinden çıkarılmasıyla hesaplandı; bu nedenle, negatif PH, son refraksiyonun formül tarafından tahmin edilenden daha miyopik olduğunu göstermektedir. Ortalama PH (OPH) ve ortanca mutlak hata (OtcMH) kaydedildi. Keratometrinin ÖSD ve PH arasındaki korelasyona olası etkisi, ortalama K değerlerine göre ayrılan üç alt grupta (alt Grup 1: Ortalama K 42,0 D'den düşük, alt Grup 2: Ortalama K 42,0 ile 44,5 D arasında, alt Grup 3: Ortalama K 44,5 D'den büyük) ayrıca araştırıldı.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS istatistik yazılımı (sürüm 20,0, IBM, Armonk, NY, ABD) kullanılarak yapıldı. Verilerin normal dağılıma uyup uymadığı Kolmogorov-Smirnov analizi ile değerlendirildi. Lens formüllerinin OPH değerlerinin sıfırdan farklı olup olmadığını değerlendirmek için tek örneklem t-testi yapıldı. Üç grup arasındaki OPH farklılıkları tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirildikten sonra post-hoc analizler için Bonferroni düzeltmesi yapılmıştır. Her grup için formüllerin OtcMH değerlerini karşılaştırmada Friedman testi kullanıldı ve bunu Bonferroni düzeltmeli Wilcoxon işaretli sıralar

testi kullanılarak yapılan post-hoc analiz izledi. Biyometrik parametreler ile lens formüllerinin PH'leri arasındaki korelasyon, Spearman rho analizi ile yapılarak araştırıldı. Olasılığın %5'in altında olması ($p<0,05$) istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

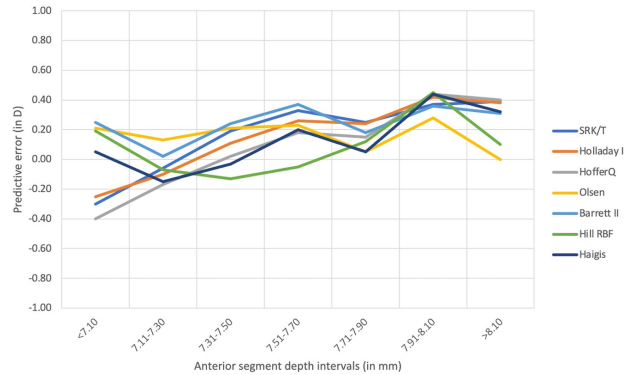
Bulgular

Çalışmaya katarakt cerrahisi geçiren 184 hastanın (yaş 69 ± 9 yıl, 116 kadın) 184 gözü dahil edildi. Tablo 1'de toplam ve üç çalışma grubuna ait demografik ve biyometrik bulgular gösterilmektedir. Gruplar arasında yaş veya ortalama K değerleri açısından anlamlı fark yoktu ($p>0,05$). Şekil 1'de ÖSD aralığına göre farklı formüllerin ortalama PH değerleri gösterilmektedir. Tüm formüller için ÖSD ve OPH arasında belirgin bir ilişki vardı ve artan ÖSD ile hiperopik hataya ve azalan ÖSD ile miyopik hataya doğru bir eğilim olduğu görüldü. Grup 1'de 29 hasta, Grup 2'de 107 hasta ve Grup 3'te 48 hasta vardı. Grup 3'te AU, Grup 1 ve Grup 2'ye göre istatistiksel olarak daha yüksek olmasına rağmen (her ikisi için de $p<0,05$), bu klinik olarak önemli bir bulgu değildi (Grup 1'de $23,23\pm 0,48$, Grup 2'de $23,31\pm 0,55$, Grup 3'te $23,61\pm 0,51$).

Lens Formüllerinin Prediktif Hataları

Tablo 2'de üç grubun OPH değerleri ve tek örneklem t-testi sonuçları yer almaktadır. Grup 1'de Haigis ($-0,03\pm 0,73$ D), Grup 2'de Hill-RBF ($-0,02\pm 0,49$ D), Grup 3'te Olsen ODKR ($0,27\pm 0,44$ D) ile sıfıra yakın OPH değerleri elde edildi. Grup 1'de Hoffer Q formülü ile elde edilen OPH

değeri sıfırdan istatistiksel olarak farklıyken ($p=0,008$), diğer formüllerin tahminleri postoperatif refraksiyona istatistiksel açıdan eşdeğeri. Grup 2'de Hill-RBF ve Haigis dışındaki tüm formüllerin OPH değerleri sıfırdan istatistiksel olarak farklıydı (Hill-RBF hariç diğerleri için $p<0,05$; Hill-RBF: $-0,02\pm 0,49$ D, $p=0,684$ ve Haigis: $-0,03\pm 0,46$ D, $p=0,197$). Grup 3'te tüm formüllerin OPH değerleri istatistiksel olarak hipermetropik bulundu (hepsi için $p<0,05$). Olsen formülünün OPH değeri matematiksel olarak sıfıra en yakındı ($0,27\pm 0,44$ D) ancak halen istatistiksel olarak sıfırdan farklı idi ($p=0,008$). Tüm lens



Şekil 1. Ön segment derinlik aralıklarına göre (mm) 7 lens formülünün ortalama prediktif hata değerleri (diyoptri)

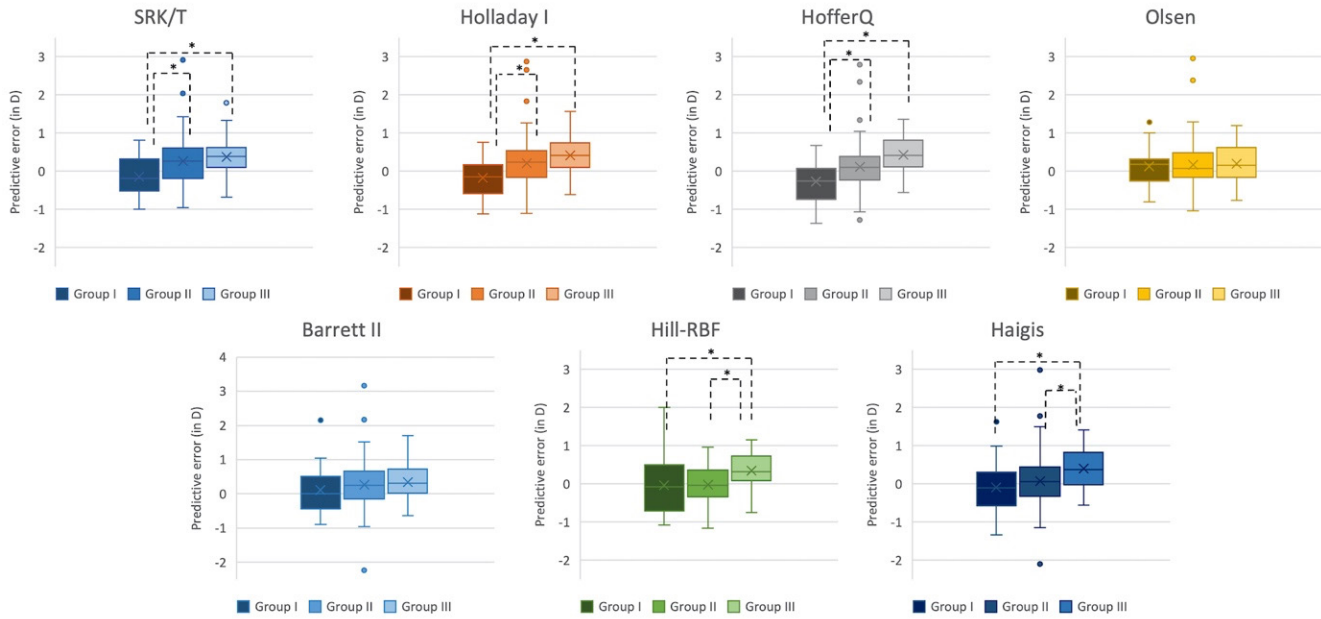
Tablo 1. Çalışmanın demografik ve biyometrik verileri

Parametre		Toplam (n:184)	Grup 1 (n=30)	Grup 2 (n=106)	Grup 3 (n=48)	p (ANOVA)
Yaş	Ortalama \pm SD	69 ± 9	68 ± 9	69 ± 9	71 ± 8	0,275
	(Aralık)	(48, 87)	(49, 87)	(48, 86)	(56, 85)	
AU (mm)	Ortalama \pm SD	$23,38\pm 0,55$	$23,23\pm 0,48$	$23,31\pm 0,55$	$23,63\pm 0,51$	0,001
	(Aralık)	(22,50, 24,48)	(22,55, 24,32)	(22,50, 24,41)	(22,68, 24,48)	
Ortalama K (D)	Ortalama \pm SD	$43,58\pm 1,42$	$43,57\pm 1,34$	$43,40\pm 1,42$	$43,96\pm 1,41$	0,072
	(Aralık)	(40,46, 46,25)	(41,60, 45,75)	(40,46, 46,25)	(41,25, 46,12)	
SKK (μ m)	Ortalama \pm SD	544 ± 34	548 ± 36	542 ± 32	547 ± 39	0,532
	(Aralık)	(476, 633)	(479, 633)	(477, 620)	(476, 616)	
ÖKD (mm)	Ortalama \pm SD	$3,09\pm 0,33$	$2,93\pm 0,28$	$3,07\pm 0,33$	$3,22\pm 0,32$	0,001
	(Aralık)	(2,16, 4,04)	(2,41, 3,50)	(2,16, 3,75)	(2,38, 4,04)	
LK (mm)	Ortalama \pm SD	$4,57\pm 0,41$	$4,19\pm 0,29$	$4,54\pm 0,36$	$4,87\pm 0,35$	<0,001
	(Aralık)	(3,67, 5,66)	(3,67, 4,76)	(3,71, 5,30)	(4,08, 5,66)	
GİL gücü (D)	Ortalama \pm SD	$22,2\pm 1,89$	$22,47\pm 1,49$	$22,65\pm 1,89$	$21,04\pm 1,59$	<0,001
	(Aralık)	(17,5, 27,0)	(20,0, 25,5)	(18,0, 27,0)	(17,5, 24,5)	
ÖSD (mm)	Ortalama \pm SD	$7,66\pm 0,35$	$7,12\pm 0,18$	$7,61\pm 0,17$	$8,09\pm 0,17$	<0,001
	(Aralık)	(6,68, 8,68)	(6,68, 7,30)	(7,31, 7,90)	(7,92, 8,68)	

AU: Aksiyel uzunluk, K: Keratometri, SKK: Santral kornea kalınlığı, ÖKD: Ön kamara derinliği, LK: Lens kalınlığı, GİL: Göz içi lens, ÖSD: Ön segment derinliği, ANOVA: Varyans analizi, SD: Standart deviasyon. AU açısından Grup 1 ve Grup 3 ($p=0,005$) ve Grup 2 ve Grup 3 ($p=0,002$) arasındaki istatistiksel anlamlı farklar dikkati çekmektedir

formülleri için grup ilişkili farklar Şekil 2'de gösterildi. Tek yönlü ANOVA ile PH'nin Olsen ODKR ve Barrett II dışındaki tüm formüller için üç grup arasında anlamlı değişim gösterdiği bulundu (Olsen: $p=0,896$ ve Barrett: $p=0,299$ hariç hepsi için

$p<0,05$). Post-hoc testler ile diğer 5 formülün tamamının Grup 3 gözlerde Grup 1 gözlere göre daha hipermetropik PH değerine sahip olduğu görüldü (hepsi için $p<0,05$). Ayrıca, SRK/T, Holladay 1 ve Hoffer Q'nun PH değerleri de Grup 2 gözlerde



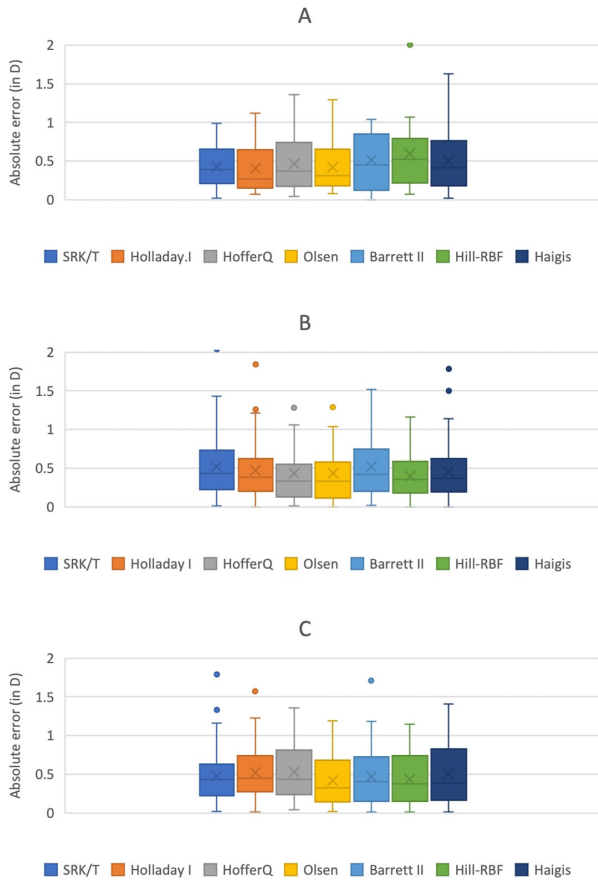
Şekil 2. Yedi lens formülü için prediktif hatalarını (PH) diyoptri cinsinden gösteren kutu grafiği. Her formül için Grup 1 (ön segment derinliği [ÖSD] <7,30 mm), Grup 2 (ÖSD 7,30-7,90 mm) ve Grup 3'ün (ÖSD >7,90 mm) sonuçları ayrı ayrı kutu grafikler (aykırı değerler ayrı noktalar olarak gösterilmiştir) halinde verilmiştir. *İstatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$)

Tablo 2. Ön segment derinliği (ÖSD) gruplarında 7 lens hesaplama formülünün ortalama prediktif hataları (OPH)				
Formül		Grup 1 ÖSD <7,30 mm	Grup 2 ÖSD 7,30-7,90 mm	Grup 3 ÖSD >7,90 mm
SRK/T	OPH	-0,11±0,58	0,13±0,51	0,36±0,29
	p	0,131	<0,001	<0,001
Holladay	OPH	-0,15±0,55	0,05±0,47	0,42±0,40
	p	0,058	0,001	<0,001
Hoffer Q	OPH	-0,24±0,59	-0,04±0,45	0,45±0,43
	p	0,008	0,049	<0,001
Olsen	OPH	0,14±0,60	0,06±0,42	0,27±0,44
	p	0,197	0,008	0,008
Barrett II	OPH	0,22±0,76	0,14±0,49	0,37±0,37
	p	0,364	<0,001	<0,001
Hill-RBF	OPH	-0,03±0,76	-0,02±0,49	0,35±0,41
	p	0,868	0,684	<0,001
Haigis	OPH	-0,03±0,73	-0,03±0,46	0,45±0,44
	p	0,442	0,197	<0,001

Her formül için birinci satır OPH değerini (diyoptri cinsinden), ikinci satır ise prediktif hatanın sıfır ile karşılaştırıldığı tek örneklem t-testinin p değerini göstermektedir. P değerinin 0,05'ten küçük olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Grup 1 gözle göre daha hipermetropikti (hepsi için $p<0,05$). Hill-RBF ve Haigis'in PH değerleri Grup 3 gözlerde Grup 2 gözle göre anlamlı düzeyde hipermetropik bulundu (hepsi için $p<0,05$).

Formüllerin OtcMH'leri Tablo 3 ve Şekil 3A-C'de gösterilmiştir. Formüllerin OtcMH değerleri arasında Grup 1 ve 2'de fark yoktu. Grup 3'te, Hill-RBF'nin OtcMH değeri Haigis'ten daha düşüktü (sırasıyla; 0,38 ve 0,46, Bonferroni düzetmesi ile $p<0,007$). Diğer formüller arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı.



Şekil 3. Mutlak hata değerleri (MH) diyoptri cinsinden gösteren kutu grafiği: ön segment derinliği (ÖSD) A) 7,30 mm'den küçük olan göz, B) 7,30 ile 7,90 mm arasında olan gözler, C) 7,90 mm'den büyük olan gözler. Aykırı değerler ayrı noktalar olarak gösterilmiştir

Oküler Biyometri ve Prediktif Hata Arasındaki Korelasyonlar

Yedi lens hesaplama formülünün PH değerleri ile ÖKD, LK ve ÖSD oküler biyometrik parametreleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir. PE, Hoffer Q'da ÖKD ile ($r=0,280$, $p<0,01$) ve SRK/T'de LK ile ($r=0,203$, $p<0,01$) pozitif korelasyon gösterdi. ÖSD, SRK/T ($r=0,273$, $p<0,01$), Holladay 1 ($r=0,347$, $p<0,01$), Hoffer Q ($r=0,408$, $p<0,01$), Hill-RBF ($r=0,292$, $p<0,01$) ve Haigis ($r=0,295$, $p<0,04$) olmak üzere 5 formülde PH ile anlamlı pozitif korelasyon gösterdi, ancak Olsen ODKR ve Barrett II ile anlamlı korelasyon yoktu (sırasıyla; $p=0,011$, $p<0,881$ ve $r=0,119$, $p<0,110$).

ÖSD ile PH arasındaki korelasyona keratometrinin etkisi Tablo 5'te gösterilmiştir. ÖSD ile Alt Grup 1'de yer alan formüllerin PH değerleri arasında Hoffer Q'daki zayıf korelasyon haricinde ($r=0,364$, $p=0,048$) korelasyon saptanmadı. Alt Grup 2'de ÖSD, SRK/T, Holladay 1, Hoffer Q ve Haigis formüllerinin PH değerleri ile pozitif korelasyon gösterdi. Alt Grup 3'te ise ÖSD, SRK/T, Holladay 1, Hoffer Q, Hill-RBF ve Haigis formüllerinin PH değerleri ile pozitif korelasyon gösterdi.

Tartışma

Günümüzde ELP'nin kesin tahmini, katarakt cerrahisinin çözüm bekleyen zorlukları arasında yer almaktadır. Göz lensi çıkarıldıktan sonra ortaya çıkan bir biyometrik parametre olan ELP, arka kornea yüzeyi ile arka lens kapsülü arasındaki mesafenin intraoperatif doğrudan ölçümü ile ya da lens regresyon formülleri ile dolaylı olarak ameliyat öncesi tahmin edilir. Formüllerin kullanılması klinik pratikte en sık tercih edilen yöntemdir. Yüksek çözünürlüklü ODKR ve optik koherens tomografi (OKT) tekniklerinin ortaya çıkması, ÖKD ve LK parametrelerinin bu formüllerin hassasiyetini artırmak için ayrı ayrı kullanılmasını sağlamıştır. ÖSD, ÖKD ve LK'nin kombinasyonundan oluştuğu kabul edilebilse de, ÖSD'nin ÖKD ve LK'nin boyutlarına tam olarak bağlı olmayan varyasyonları olabilir. Bu nedenle, ÖSD, ELP üzerinde diğer türlü ÖKD ve LK değerleri tarafından tahmin edilemeyen ayrı bir etkiye sahip olabilir ve bu da özellikle ÖSD ölçümü ile tespit edilebilen PH'lere neden olabilir.

Çalışmamız, kullanılan lens formülünden bağımsız olarak, GİL tahminlerinde ÖSD'nin artışı ile (özellikle 7,90 mm'den büyük) postoperatif hipermetropik hataya ve ÖSD'nin azalması ile (özellikle 7,30 mm'den küçük) miyopik hataya doğru bir eğilim olduğunu göstermiştir. ÖSD 7,60 ile 790 mm arasında olduğunda lens formülleri, GİL gücünü başarıyla

Table 3. Ön segment derinliği (ÖSD) gruplarında 7 lens hesaplama formülünün ortanca mutlak (diyoptri cinsinden)

Formül	SRK/T	Holladay	Hoffer Q	Olsen	Barrett II	Hill-RBF	Haigis	p (Friedman testi)
Grup 1, ÖSD <7,30 mm	0,43	0,48	0,42	0,42	0,51	0,52	0,59	0,720
Grup 2 ÖSD 7,30-7,90 mm	0,39	0,37	0,31	0,27	0,34	0,36	0,28	0,155
Grup 3, ÖSD >7,90 mm	0,33	0,45	0,51	0,34	0,32	0,38	0,46	0,001

tahmin etmektedir ve ortaya çıkan PH değerleri sıfırdan farklı gösterilmiş olup, en yüksek hipermetropi oranı Grup 3'te bulunmamıştır. Miyopiden hipermetropiye geçiş Tablo 3'te izlenmiştir.

Table 4. Yedi formülün prediktif hatası ile biyometrik parametreler arasındaki korelasyon analizi

Formüller		Parametreler			
		Ortalama K	ÖKD	LK	ÖSD
SRK/T	rho	-0,313	0,028	0,203	0,273
	p	<0,001	0,701	0,006	<0,001
Holladay 1	rho	-0,107	0,165	0,162	0,347
	p	0,151	0,026	0,029	<0,001
Hoffer Q	rho	0,072	0,280	0,120	0,408
	p	0,332	<0,001	0,103	<0,001
Olsen ODKR	rho	0,007	-0,071	0,065	0,011
	p	0,924	0,346	0,388	0,881
Barrett II	rho	-0,267	-0,050	0,129	0,119
	p	<0,001	0,504	0,081	0,110
Hill-RBF	rho	-0,055	0,111	0,150	0,292
	p	0,552	0,226	0,100	0,001
Haigis	rho	0,076	0,089	0,174	0,295
	p	0,302	0,231	0,018	<0,001

K: Keratometri, ÖKD: Ön kamara derinliği, LK: Lens kalınlığı, ÖSD: Ön segment derinliği. Her formül için ilk satır Spearman's rho değerini, ikinci satır ise karşılık gelen p değerini göstermektedir.

Tablo 5. Ortalama keratometri (K) alt gruplarında 7 formülün prediktif hataları ile ön segment derinliği (ÖSD) arasındaki korelasyon analizi

Formüller		Ortalama K değerleri		
		K <42,0 D	K: 42,0-44,5 D	K >44,5 D
		n=30	n=100	n=54
SRK/T	Rho:	0,313	0,304	0,378
	P:	0,092	0,002	0,005
Holladay 1	Rho:	0,342	0,321	0,454
	P:	0,065	0,001	0,001
Hoffer Q	Rho:	0,364	0,362	0,500
	P:	0,048	<0,001	<0,001
Olsen ODKR	Rho:	0,005	-0,084	0,218
	P:	0,979	0,410	0,120
Barrett II	Rho:	0,042	0,114	0,251
	P:	0,825	0,257	0,070
Hill-RBF	Rho:	0,179	0,174	0,571
	P:	0,450	0,163	<0,001
Haigis	Rho:	0,251	0,257	0,402
	P:	0,181	0,010	0,003

D: Diyoptri. Her formül için ilk satır Spearman's rho değerini, ikinci satır ise karşılık gelen p değerini göstermektedir.

Çalışmamızda ayrıca ÖSD veya ÖKD varyasyonlarının lens formüllerinin PH'lerinde hipermetropik kaymayı öngörmede daha güvenilir olup olmadığını analiz ettik. Tablo 4'te gösterildiği gibi ÖSD, 5 lens formülünün PH'leri ile güçlü bir şekilde ilişkiliyken, ÖKD sadece Hoffer Q formülünün PH'si ile ilişkiliydi. ÖSD varyasyonlarına göre yanlılık göstermeyen iki lens formülü Olsen ODKR ve Barrett II idi. Sonuçlarımız, normal ve yüksek ortalama K değerlerine sahip alt gruplarda benzerdi. Bu, ÖSD'nin etkisinin keratometrik parametrelerden büyük ölçüde bağımsız olduğunu göstermektedir.

Gökce ve ark.¹⁶ tarafından yapılan bir çalışmada, ÖKD'nin 8 GİL hesaplama formülünün doğruluğu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Holladay 1 ve Hoffer Q formüllerinin PH'lerinin ÖKD'si 3,00 mm'den küçük olan gözlerde miyopik, ÖKD'si 3,50 mm'den büyük olan gözlerde hipermetropik olduğunu, Olsen ODKR sonuçlarının ise ÖKD'nin kısa olduğu gözlerde tersine hipermetropik ve ÖKD'nin yüksek olduğu gözlerde ise miyopik olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmalarında aynı gruplarda Holladay 2, Barrett II ve Haigis formüllerinin PH değerlerinin daha düşük olduğu ve sıfırdan anlamlı farklı olmadığı bulunmuştur. Ayrıca Holladay 1, Hoffer Q ve Hill-RBF formülleri ÖKD ile pozitif korelasyon gösterirken Olsen ODKR ile negatif korelasyon göstermiştir. Buna karşılık, Holladay 2, Barrett II, Haigis ve Olsen formülünün satın alınan versiyonu korelasyon göstermemiştir. Bu sonuçlarla dayanarak, implante edilen GİL'lerin Holladay 1 ve Hoffer Q formülleri tarafından tahmin edilenden daha geride yer aldığı ve Holladay 2, Barrett II, Haigis ve satın alınan Olsen formülünde ÖKD'nin hesaplamaya dahil edilmesinin ELP tahmininin doğruluğunu artırdığı sonucuna varmışlardır. Ayrıca, çalışmalarında, ÖKD'si daha düşük olan gözlerde LK'nin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bu nedenle, hem ÖKD hem de LK'nin birlikte kullanıldığı lens formüllerinin (Holladay 2, Barrett II ve Olsen) tercih edilmesinin yararlı olacağı sonucuna varmışlardır. Çalışmamızda, ÖKD ve LK'yi kullanmasına rağmen, bu formüllerden ikisinin (Barrett II ve Olsen) hala önemli ölçüde hipermetropik PH değerlerine sahip olduğunu gösterdik. Bu, ÖKD veya LK varyasyonlarından ziyade ÖSD'nin bir bütün olarak değişmesiyle açıklanabilir. Bu bulgular ışığında, ÖSD'nin büyük olduğu gözlerde ELP'nin, lens formüllerinin preoperatif tahminlerinden daha posterior yerleşimli olabileceğini, bunun sonucunda tahminlerin hipermetropik olduğunu ve ÖSD'nin tek başına ÖKD veya LK'den daha iyi bir oküler parametre olabileceğini düşünüyoruz.

Yukarıda bahsedildiği gibi, ÖKD ve LK ölçümleri sikloplejik muayenede değişebilir. Bu değişimlerin GİL hesaplama sonuçları üzerindeki etkisi çeşitli çalışmalarda araştırılmıştır.^{6,7,8} Arriola-Villalobos et al.,⁷ swept source OKT tabanlı biyometre (IOLMaster 700®) kullanarak sikloplejiye bağlı ÖKD ve LK değişimlerinin Holladay 2 ve SRK/T formüllerine etkisi olmadığını göstermiştir. Ancak Huang ve ark.,⁶ Lenstar LS900® ile ölçüldüğünde Haigis formülü ile yapılan sikloplejili ve sikloplejisiz GİL hesaplamaları arasında anlamlı bir fark olduğunu bildirmişlerdir. Özyol ve ark.⁸ IOLMaster 700® ile ölçüldüğünde

Haigis'e ek olarak Holladay 2 formül hesaplamalarında anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlara dayanarak, ÖKD parametrelerini kullanan lens formüllerinin sikloplejinin neden olduğu ÖKD'deki değişikliklerden etkilenmesinin olası olduğu unutulmamalıdır. ÖSD muhtemelen akomodasyon ve sikloplejiden etkilenmeyebilir ve bu nedenle ÖKD'den daha stabil ve güvenilir bir biyometrik parametre olabilir.

Melles ve ark.¹⁷ lens hesaplama formüllerine oküler biyometrik parametrelerin getirdiği yanlılığı değerlendiren geniş popülasyonlu bir çalışma yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlardan yola çıkarak Barrett II ve Olsen ODKR'nin postoperatif sferik eşdeğerin doğruluğu açısından en iyi sonuçlara sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca formüllerin çoğunun oküler biyometrik değişikliklerden etkilendiğini vurgulamışlardır. SRK/T'nin özellikle ortalama K'deki değişikliklerden etkilendiğini, Hoffer Q ve Olsen ODKR'nin değişen ÖKD ile anlamlı yanlılığa sahip olduğunu ve Haigis'in LK varyasyonlarından en çok etkilenen formül olduğunu göstermişlerdir. Bu sonuçlar, çalışmamızda lens formüllerinin öngörülmesi üzerinde ÖSD'nin etkisinin araştırılmasını teşvik eden faktörler olmuştur.

Literatürde ÖSD'nin ELP üzerine etkisini araştıran iki güncel makale yer almaktadır. Plat ve ark.,¹⁸ preoperatif olarak ölçülen biyometrik parametreler ile ODKR ile ölçülen postoperatif gerçek lens pozisyonu (GLP) arasındaki korelasyonları analiz etmişlerdir. AU, ÖKD, ÖSD ve B-B ölçümlerinin GLP ile korele olduğunu göstermişlerdir. Satou ve ark.,¹⁹ ön segment anatomisini ön segment OKT ile değerlendirmiş ve preoperatif olarak göz lensinin ön, ekvatorial ve arka derinliğini analiz etmişlerdir (bu nedenle ön yüzey derinliği ve arka yüzey derinliği çalışmamızda sırasıyla ÖKD ve ÖSD'ye karşılık gelmektedir). Lens ekvatorial ve arka derinliğinin GİL pozisyonunun yanı sıra SRK/T formülünün refraktif PH'si ile ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır. Her iki çalışmada da lens hesaplamasına ÖSD'nin (veya arka yüzey derinliğinin) dahil edilmesinin ELP tahminlerini iyileştireceği ileri sürülmüştür.

ÖSD'nin verjans lens hesaplama formülleri üzerindeki etkisi ilk analiz eden Olsen ve Hoffmann⁴ SRK/T, Holladay 1, Haigis ve Hoffer Q'nun PH değerlerinin AU, K ve ÖSD açısından yanlılık gösterdiğini saptamışlar ve bu nedenle LK'nin (ve dolayısıyla ÖSD'nin) ELP üzerindeki etkisini azaltmak için Olsen formülüne C sabitini eklemiştir. Bu yaklaşımı çalışmamıza yeni nesil Barrett II ve Hill-RBF formüllerini dahil ederek ve gözleri ÖSD değerlerine göre gruplandırarak geliştirdik ve eski ve yeni nesil formüllerin performanslarını karşılaştırdık. Sonuçlarımız, hem eski hem de yeni nesil formüllerin ÖSD değişimlerinden etkilendiğini ancak Olsen ODKR ve Barrett II formüllerinin en az etkilenen formüller olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni büyük olasılıkla bu formüllerin her ikisinde de hesaplamalarda ÖKD ve LK'nin yer almasıdır.^{4,20} Ancak, Olsen ODKR hala tüm gruplarda miyopikten daha fazla hipermetropik sonuç vermiştir. Bu nedenle ÖSD'nin 7,90 mm'den daha küçük olduğu gözler için daha az güvenilirdir ve diğer lens formülleri bu aralıkta daha iyi sonuçlar vermektedir Öte yandan, Cooke ve Cooke,²¹ Olsen formülünün iki türünün (Olsen ODKR ve Olsen

Phacooptics) doğruluklarının farklı olabileceğini bildirmiştir. Çalışmamızda Olsen ODKR formülü kullanılmıştır. ÖSD değeri 7,90 mm'den küçük olan gözlerde eski formüllerin belirgin şekilde başarılı olduğu göz önüne alındığında, bu formüllerin ÖSD değişikliklerine göre ayarlanması, ÖSD'si 7,90 mm'den büyük olan gözlerde elde edilen sonuçları iyileştirmek için etkin bir seçenek olabilir. Norrby ve ark.²² postoperatif GİL pozisyonunu öngörmek için sadece ÖKD'nin yeterli olduğunu öne sürmüşlerdir. Bununla birlikte, bulgularımız, ÖKD'ye ek olarak LK ölçümünü içeren ÖSD'nin kullanılmasının da yararlı olabileceğini göstermektedir.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Bu çalışmanın kısıtlılıkları örneklemin küçük olması, retrospektif olarak tasarlanması ve örneklem büyüklüğü nedeniyle üç ÖSD grubunda AU ve ortalama K varyasyonlarının analiz edilememesidir ki bu parametreler lens formüllerinin PH'lerini açıklamak için eşit derecede önemlidir. Oküler biyometrik parametreleri sadece ODKR cihazı ile değerlendirdik. Bu yöntem anatomik ölçümler için altın standart olarak kabul edilmemektedir. Bu kısıtlılıklara rağmen çalışmamız, daha doğru postoperatif ELP'ye ulaşmak için farklı ÖSD değerlerine sahip katarakt cerrahisine aday gözleri sınıflandırarak ÖSD aralığına göre daha doğru sonuç veren lens formüllerin kullanılması şeklinde preoperatif yeni bir yaklaşım sunmaktadır. (1) Kısa ve uzun AU'lu gözlerde ÖSD'nin lens formüllerine etkisini değerlendirmek, (2) ÖSD hesaplamasında ODKR, parsiyel koherens interferometri ve ultrason kullanan farklı biyometrik ölçüm cihazlarını karşılaştırmak ve (3) postoperatif GİL pozisyonu hesaplamasında ÖSD'nin ELP'yi öngörme gücünü saptamak için yapılacak daha büyük örneklemli çalışmalar ile umut verici sonuçlara ulaşılabilir.

Sonuç

Çalışmamız GİL hesaplama formüllerinin postoperatif refraksiyon öngörülerini değerlendirmede ÖSD'nin önemli olabileceğini göstermiştir. GİL hesaplama formüllerinin çoğu ÖSD değeri 7,30 mm ile 7,90 mm arasındayken iyi sonuç verse de, ÖSD'nin bu aralığın dışında olduğu durumlarda ÖKD ve LK'yi kullanan formüllerin seçilmesi daha iyi sonuç verebilir. ÖSD'deki varyasyonlar, eski verjans formülleri ve Hill-RBF'nin PH değerlerini etkilemiştir. Bu nedenle, ÖSD'nin ELP hesaplamalarına dahil edilmesi GİL tahminlerini iyileştirecektir. ÖSD'nin GİL hesaplamaları üzerindeki etkisini daha iyi değerlendirmek için biyometrik ölçümleri uç değerlerde olan hastaların dahil edildiği daha fazla sayıda ve daha büyük çalışmalara ihtiyaç vardır.

Etik

Etik Kurul Onayı: Çalışma için, Koç Üniversitesi Etik Kurulu'ndan onay alındı (karar no: 2019.410.IRB2.131), ve çalışma süresince Helsinki Bildirgesi İlkeleri'ne bağlı kalındı.

Hasta Onayı: Tıbbi kayıtlarının kullanılması için hastaların onayı alındı.

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: A.Ş., O.M., Konsept: A.Ş., O.M., M.H., Dizayn: A.Ş., O.M., Veri Toplama veya İşleme: C.K., A.Y.T., M.Z.K., Analiz veya Yorumlama: C.K., A.Ş., O.M. Literatür Arama: C.K., A.Y.T., M.Z.K., Yazan: C.K.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

1. Norrby S. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34:368-376.
2. Olsen T. Calculation of intraocular lens power: a review. *Acta Ophthalmol Scand.* 2007;85:472-485.
3. Barrett GD. Barrett II Universal formula. In: Singapore, Asia-Pacific Association of Cataract and Refractive Surgeons, 2014.
4. Olsen T, Hoffmann P. C constant: new concept for ray tracing-assisted intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40:764-773.
5. Zhang J, Ni Y, Li P, Sun W, Liu M, Guo D, Du C. Anterior Segment Biometry with Phenylephrine and Tropicamide during Accommodation Imaged with Ultralong Scan Depth Optical Coherence Tomography. *J Ophthalmol.* 2019;2019:6827215.
6. Huang J, McAlinden C, Su B, Pesudovs K, Feng Y, Hua Y, Yang F, Pan C, Zhou H, Wang Q. The effect of cycloplegia on the lenstar and the IOLMaster biometry. *Optom Vis Sci.* 2012;89:1691-1696.
7. Arriola-Villalobos P, Almendral-Gómez J, Garzón N, Ruiz-Medrano J, Fernández-Pérez C, Martínez-de-la-Casa JM, Díaz-Valle D. Effect of pharmacological pupil dilation on measurements and iol power calculation made using the new swept-source optical coherence tomography-based optical biometer. *J Fr Ophthalmol.* 2016;39:859-865.
8. Özyol P, Özyol E, Baldemir E. Changes in Ocular Parameters and Intraocular Lens Powers in Aging Cycloplegic Eyes. *Am J Ophthalmol.* 2017;173:76-83.
9. Sun JH, Sung KR, Yun SC, Cheon MH, Tchah HW, Kim MJ, Kim JY. Factors associated with anterior chamber narrowing with age: an optical coherence tomography study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012;53:2607-2610.
10. Holladay JT, Prager TC, Chandler TY, Musgrave KH, Lewis JW, Ruiz RS. A three-part system for refining intraocular lens power calculations. *J Cataract Refract Surg.* 1988;14:17-24.
11. 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.
12. Hoffer KJ. The Hoffer Q formula: a comparison of theoretic and regression formulas. *J Cataract Refract Surg.* 1993;19:700-712.
13. Haigis W, Lege B, Miller N, Schneider B. Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for intraocular lens calculation according to Haigis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2000;238:765-773.
14. Hill WE. Hill-RBF calculator version 2.0.
15. Solf B, Schramm S, Link D, Klee S. Objective measurement of forward-scattered light in the human eye: An electrophysiological approach. *PLoS One.* 2019;14:e0214850.
16. Gökçe SE, Montes De Oca I, Cooke DL, Wang L, Koch DD, Al-Mohtaseb Z. Accuracy of 8 intraocular lens calculation formulas in relation to anterior chamber depth in patients with normal axial lengths. *J Cataract Refract Surg.* 2018;44:362-368.
17. Melles RB, Holladay JT, Chang WJ. Accuracy of Intraocular Lens Calculation Formulas. *Ophthalmology.* 2018;125:169-178.

18. Plat J, Hoa D, Mura F, Busetto T, Schneider C, Payerols A, Villain M, Daien V. Clinical and biometric determinants of actual lens position after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2017;43:195-200.
19. Satou T, Shimizu K, Tsunehiro S, Igarashi A, Kato S, Koshimizu M, Niida T. Relationship between Crystalline Lens Thickness and Shape and the Identification of Anterior Ocular Segment Parameters for Predicting the Intraocular Lens Position after Cataract Surgery. *Biomed Res Int.* 2019;2019:3458548.
20. Olsen T. Prediction of the effective postoperative (intraocular lens) anterior chamber depth. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32:419-424.
21. Cooke DL, Cooke TL. Comparison of 9 intraocular lens power calculation formulas. *J Cataract Refract Surg.* 2016;42:1157-1164.
22. Norrby S, Bergman R, Hirschall N, Nishi Y, Findl O. Prediction of the true IOL position. *Br J Ophthalmol.* 2017;101:1440-1446.