



Kapsül Germe Halkası İmplantı Edilmiş Gözlerde Swept-Source OKT Biyometrisine Dayalı Güncel İntraoküler Lens Hesaplama Formüllerinin Tahmin Doğruluğu

Accuracy of Contemporary Intraocular Lens Calculation Formulas Based on Swept-Source OCT Biometry in Eyes with Capsular Tension Ring

Ali Devebacak, Müge Yılmaz, Gül Arıkan

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

Öz

Amaç: Kapsül germe halkası (KGH) implantasyonu ile katarakt cerrahisi uygulanan gözlerde, swept-source optik koherens tomografi (OKT) biyometrisine dayalı güncel göz içi lens (GİL) hesaplama formüllerinin refraktif tahmin doğruluğunu karşılaştırmak ve sistematik postoperatif refraktif eğilimleri değerlendirmek.

Gereç ve Yöntem: Bu retrospektif çalışmaya, fakoemülsifikasyon, kapsül içine GİL ve KGH implantasyonu uygulanan 92 hastanın 98 gözü dahil edildi. Preoperatif biyometri, swept-source OKT temelli bir cihaz ile yapıldı (ARGOS, Alcon). Barrett Universal II, Haigis, SRK/T ve Holladay II formülleri için refraktif sonuçlar değerlendirildi. Ortalama tahmin hatası (OTH), ortalama mutlak hata (OMH), medyan mutlak hata (MMH) ve $\pm 0,25$ diyoptri (D), $\pm 0,50$ D ve $\pm 1,00$ D içinde kalan göz oranları hesaplandı.

Bulgular: Ortalama yaş $73,0 \pm 8,1$ yıl, ortalama aksiyel uzunluk $23,03 \pm 1,04$ mm'di. En düşük OMH ve MMH değerlerini Barrett Universal II (sırasıyla $0,36 \pm 0,34$ D ve $0,24$ D) sağlarken, onu Holladay II ($0,40 \pm 0,32$ D ve $0,30$ D) izledi. SRK/T ve Haigis formüllerinde OMH daha yüksekti (sırasıyla $0,45 \pm 0,37$ D ve $0,54 \pm 0,45$ D). OMH, formüller arasında anlamlı farklılık gösterdi ($p < 0,001$). Post-hoc analizde Barrett Universal II ve Holladay II'nin benzer performans sergilediği ($p > 0,05$) ve hem Haigis hem de SRK/T'ye göre OMH'nin daha düşük olduğu

saptandı ($p \leq 0,003$). $\pm 0,25$ D içinde kalan göz oranı Barrett Universal II'de en yüksek (%52,04), $\pm 0,50$ D aralığında Holladay II'de en yüksek (%69,39) olup, $\pm 1,00$ D aralığında her iki formüle aynı oran (%92,86) gözlenmiştir. Tüm formüllerde OTH pozitifliği ve bu durum hafif hipermetropik eğilime işaret ediyordu.

Sonuç: KGH implante edilen gözlerde Barrett Universal II ve Holladay II, Haigis ve SRK/T'ye göre daha olumlu refraktif tahmin doğruluğu gösterdi. Tüm formüllerde hafif hipermetropik eğilim izlendi. Bu durum, hedef refraksiyon ve GİL gücü seçiminde klinik açıdan önem taşıyabilir.

Anahtar Kelimeler: Kapsül germe halkası, katarakt cerrahisi, intraoküler lens hesaplaması, swept-source optik koherens tomografi, refraktif sonuç

Abstract

Objectives: To compare the refractive prediction accuracy of contemporary intraocular lens (IOL) calculation formulas based on swept-source optical coherence tomography (OCT) biometry in cataract surgery with capsular tension ring (CTR) implantation, and to assess for systematic postoperative refractive tendencies.

Materials and Methods: This retrospective study included 98 eyes of 92 patients who underwent phacoemulsification with in-the-bag IOL and CTR implantation. Preoperative biometry utilized swept-source OCT (ARGOS, Alcon). Refractive prediction accuracy was evaluated for the Barrett Universal II, Haigis, SRK/T, and Holladay II formulas. Main outcomes included mean prediction error, mean absolute error (MAE), median absolute error (MedAE), and percentages of eyes within ± 0.25 , ± 0.50 , and ± 1.00 diopter (D).

Results: The mean age was 73.0 ± 8.1 years, and the mean axial length was 23.03 ± 1.04 mm. Barrett Universal II yielded the lowest MAE and MedAE (0.36 ± 0.34 D and 0.24 D, respectively), followed by Holladay II (0.40 ± 0.32 D and 0.30 D). Higher MAE was observed with SRK/T (0.45 ± 0.37 D) and Haigis (0.54 ± 0.45 D). MAE differed significantly among the formulas ($p < 0.001$), with pairwise comparisons showing that Barrett Universal II and Holladay II performed similarly ($p > 0.05$) and better than both Haigis and SRK/T (all $p \leq 0.003$). The highest

Cite this article as: Devebacak A, Yılmaz M, Arıkan G. Accuracy of Contemporary Intraocular Lens Calculation Formulas Based on Swept-Source OCT Biometry in Eyes with Capsular Tension Ring. Turk J Ophthalmol. 2026;56:166-171

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Ali Devebacak, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

E-posta: dralidevebacak@gmail.com

ORCID-ID: orcid.org/0000-0001-8081-0465

Geliş Tarihi/Received: 24.03.2026

Revizyon Talebi/Revision Requested: 28.04.2026

Son Revizyon Alınma/Last Revision Received: 03.05.2026

Kabul Tarihi/Accepted: 01.06.2026

Yayın Tarihi/Publication Date: 24.06.2026

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2026.33338



Telif Hakkı © 2026 Yazar(lar). Türk Oftalmoloji Derneği adına Galenos Yayınevi tarafından yayımlanmıştır. Bu, Creative Commons Atıf-GayriTicari-TürevleriYaratılamaz 4.0 (CC BY-NC-ND) Uluslararası Lisansı kapsamında açık erişimli bir makedir.

Abstract

percentage of eyes within ± 0.25 D was observed with Barrett Universal II (52.04%), whereas Holladay II showed the highest percentage within ± 0.50 D (69.39%), and the two formulas tied within the ± 1.00 D range (both 92.86%). Prediction errors were positive for all formulas, indicating a mild hyperopic shift.

Conclusion: In eyes undergoing cataract surgery with CTR implantation, Barrett Universal II and Holladay II showed more favorable refractive prediction accuracy than Haigis and SRK/T. A mild hyperopic shift was observed across all formulas. This finding may be clinically relevant when selecting the target refraction or IOL power in these eyes.

Keywords: Capsular tension ring, cataract surgery, intraocular lens calculation, swept-source optical coherence tomography, refractive outcome

Giriş

Katarakt cerrahisi, günümüzde refraktif bir cerrahi prosedür olarak kabul edilmektedir.¹ Bu nedenle, optimal görsel sonuçlar için doğru göz içi lens (GİL) gücü hesaplaması büyük önem taşımaktadır. Hasta beklentilerinin artmasıyla birlikte, küçük refraktif hatalar bile klinik olarak anlamlı hale gelmiştir. Biyometrik teknolojiler ve GİL gücü hesaplama formüllerindeki gelişmelere rağmen, refraktif tahmin hataları hâlâ ortaya çıkmaktadır.² Bu hatalar çoğu zaman aksiyel uzunluk ölçümü, keratometri veya efektif lens pozisyonunun tahminindeki yetersizlikler ile ilişkilendirilmektedir.³

Kapsül germe halkaları (KGH), zonül zaafiyeti olan gözlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.⁴ Tipik endikasyonlar arasında psödoeksfolyasyon (PEX) sendromu, travma ve yüksek miyopi yer almaktadır.⁵ KGH implantasyonu kapsül kesenin stabilitesini artırır ve GİL santralizasyonunun korunmasına katkı sağlar.⁶ Ayrıca, zonüler desteğin bozulduğu gözlerde cerrahinin daha güvenli biçimde gerçekleştirilmesine olanak tanır.⁷ Bununla birlikte, KGH implantasyonu kapsül kesenin geometrisini ve gerginliğini değiştirebilir.⁶ Bu değişiklikler efektif lens pozisyonunu etkileyerek refraktif sonuçlarda öngörülemeyen sapmalara yol açabilir.⁸ KGH'nin sık kullanıldığı PEX'li gözlerde, fakoemülsifikasyon sonrası ön kamara derinliği değişiminin normal gözlere göre daha belirgin olabileceği bildirilmiştir.⁹ Bu nedenle, KGH implante edilen gözlerde mevcut GİL hesaplama formüllerinin tahmin doğruluğu klinik açıdan ayrıca değerlendirilmelidir.⁸

Swept-source optik koherens tomografiye (OKT) dayalı modern optik biyometri cihazları güvenilir ve tekrarlanabilir ölçümler sağlamaktadır.¹⁰ Bu cihazlar daha iyi sinyal penetrasyonu sağlar ve yoğun kataraktlarda bile doğru aksiyel uzunluk ölçümüne olanak tanır.¹¹ Ayrıca ayrıntılı ön segment parametreleri sunarak GİL gücü hesaplamalarının doğruluğunu artırabilirler.¹⁰ Refraktif doğruluğu artırmak amacıyla çok sayıda modern GİL hesaplama formülü geliştirilmiştir.¹² Bu formüller birden fazla biyometrik değişkeni içerir ve efektif lens pozisyonunu daha iyi tahmin

etmek için gelişmiş teorik modeller kullanır.¹² Ancak, KGH implantasyonu yapılan gözlerde kapsül kese dinamikleri değişebileceğinden, bu formüllerin tahmin performansı standart gözlerden farklılık gösterebilir. Bu nedenle, KGH implante edilen gözlerde güncel GİL hesaplama formüllerinin doğruluğunun ayrıca değerlendirilmesi önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, preoperatif swept-source OKT biyometrisi kullanılarak KGH implantasyonu ile birlikte katarakt cerrahisi uygulanan gözlerde güncel GİL hesaplama formüllerinin refraktif tahmin doğruluğunu karşılaştırmak ve bu hasta grubunda cerrahi sonrası ortaya çıkabilecek sistematik refraktif eğilimi değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem

Bu retrospektif, tek merkezli çalışma, üçüncü basamak bir üniversite hastanesinin göz hastalıkları anabilim dalında yürütüldü. Çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylandı (onay no: 2025/42-22, tarih: 01.12.2025) ve Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak gerçekleştirildi. Çalışmanın retrospektif niteliği nedeniyle bilgilendirilmiş onam gereksinimi bulunmamaktaydı. KGH implantasyonu ile birlikte fakoemülsifikasyon ve GİL implantasyonu uygulanan hastalara ait tıbbi kayıtlar geriye dönük olarak değerlendirildi.

Fakoemülsifikasyon ve GİL implantasyonu sırasında KGH implante edilen hastalar çalışmaya dahil edildi. Yalnızca kapsül içine GİL implante edilen ve 1 ile 3 ay arasında postoperatif refraksiyon verisi bulunan gözler çalışmaya alındı. Kornea refraktif cerrahisi öyküsü olan hastalar çalışma dışı bırakıldı. Keratometriyi etkileyen kornea patolojisi, düzensiz astigmatizma, kombine oküler cerrahi veya sulkus, ön kamara ya da skleral fiksasyonlu GİL implantasyonu bulunan gözler de dışlandı. Refraktif sonuçları etkileyebilecek intraoperatif veya postoperatif komplikasyon gelişen gözler ile postoperatif refraksiyon verisi eksik olan gözler çalışma dışı bırakıldı. Bilateral cerrahi geçiren hastalarda, uygunluk kriterlerini karşılayan her iki göz çalışmaya dahil edildi.

Preoperatif biyometri, swept-source OKT temelli bir biyometri cihazı ile yapıldı (ARGOS, Alcon, Fort Worth, TX, ABD). Aksiyel uzunluk, keratometri değerleri ve ön kamara derinliği kaydedildi. GİL gücü hesaplamaları Barrett Universal II, Haigis, SRK/T ve Holladay II formülleri kullanılarak yapıldı. Tüm gözlere kapsül içine SA60AT model katlanabilir arka kamara GİL'i implante edildi (Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, TX, ABD). Her formül için tahmini postoperatif refraksiyon değeri kaydedildi. Sabit optimizasyonu için, KGH uygulanmamış ve komplikasyonsuz fakoemülsifikasyon sonrası aynı GİL modeli implante edilmiş 50 gözden oluşan bağımsız bir optimizasyon kohortu değerlendirildi. Her formülün bu kohorttaki ortalama tahmin hatası (OTH), formüle özgü düzeltme değeri olarak kabul edildi ve KGH kohortundaki tahmin hatalarından çıkarılarak optimize edilmiş tahmin hatası elde edildi.¹³

Postoperatif sferik eşdeğer ile öngörülen sferik eşdeğer arasındaki fark tahmin hatası olarak tanımlandı. Her formül için OTH, ortalama mutlak hata (OMH) ve medyan mutlak hata (MMH) hesaplandı. Ayrıca, tahmin hatası değerinin $\pm 0,25$ diyoptri (D), $\pm 0,50$ D ve $\pm 1,00$ D içinde kalan göz oranları da belirlendi. Alt grup analizlerinde Barrett Universal II formülüne ait mutlak tahmin hatası esas alındı. Bu analizler KGH çapı, aksiyel uzunluk, ön kamara derinliği, ortalama keratometri ve GİL gücüne göre yapıldı. Ek olarak, PEX ve PEX olmayan gözler arasında mutlak tahmin hataları karşılaştırıldı.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS yazılımı kullanılarak yapıldı (sürüm 25.0; IBM Corp., Armonk, NY, ABD). Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile değerlendirildi. Sürekli değişkenler, dağılım özelliklerine göre ortalama \pm standart sapma veya medyan olarak ifade edildi. Formüller arasındaki mutlak tahmin hataları Friedman testi ile karşılaştırıldı ve anlamlı farklılık saptanan durumlarda post-hoc ikili karşılaştırmalar yapıldı. Alt grup analizlerinde, verilerin dağılımına göre bağımsız örneklem t-testi veya Mann-Whitney U testi kullanıldı. Kategorik veriler sayı ve yüzde olarak belirtildi. $p < 0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Aynı hastanın iki gözünün dahil edilmesinin sonuçları etkileyip etkilemediğini değerlendirmek için, her hastadan rastgele bir göz seçilerek (n=92) duyarlılık analizi yapıldı.

Bulgular

Çalışmaya 92 hastanın toplam 98 gözü dahil edildi. Ortalama yaş $73,0 \pm 8,1$ yıl, ortalama aksiyel uzunluk ise $23,03 \pm 1,04$ mm idi. Hastaların demografik özellikleri ve biyometrik verileri [Tablo 1](#)'de özetlenmiştir. Sabit optimizasyonu için KGH uygulanmamış 50 gözlük bağımsız bir optimizasyon kohortu kullanıldı. Bu kohortta OTH tüm

formüllerde sifıra yakındı (Barrett Universal II $+0,03$ D, Haigis $+0,05$ D, Holladay II $-0,06$ D, SRK/T $+0,04$ D).

OTH, Barrett Universal II için $+0,21 \pm 0,45$ D, Haigis için $+0,24 \pm 0,66$ D, SRK/T için $+0,32 \pm 0,49$ D ve Holladay II için $+0,19 \pm 0,48$ D idi. Tüm formüllerde OTH değerlerinin pozitif olması, hafif bir hipermetropik eğilime işaret etmekteydi. OMH, değerlendirilen formüller arasında $0,36 \pm 0,34$ D ile $0,54 \pm 0,45$ D arasında değişti. En düşük OMH değerleri Barrett Universal II'de ($0,36 \pm 0,34$ D) ve Holladay II'de ($0,40 \pm 0,32$ D) gözlemlendi; bunları SRK/T ($0,45 \pm 0,37$ D) ve Haigis ($0,54 \pm 0,45$ D) izledi. MMH en düşük Barrett Universal II'deydi ($0,24$ D). Bunu Holladay II ($0,30$ D), SRK/T ($0,33$ D) ve Haigis ($0,44$ D) izledi.

Formüller arasındaki OMH farkı istatistiksel olarak anlamlıydı ($p < 0,001$). Post-hoc ikili karşılaştırmalarda, Barrett Universal II ve Holladay II'nin Haigis'e göre anlamlı derecede daha düşük mutlak hata değerlerine sahip olduğu görüldü (her ikisi için $p < 0,001$). Barrett Universal II, SRK/T'ye göre de daha düşük mutlak hata gösterdi ($p < 0,001$). Benzer şekilde, Holladay II'nin mutlak hata değeri de SRK/T'den daha düşüktü ($p = 0,003$). Barrett Universal II ile Holladay II arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p = 0,164$). SRK/T ile Haigis arasında da anlamlı fark saptanmadı ($p = 0,131$).

Tahmin hatası $\pm 0,25$ D içinde kalan göz oranı en yüksek Barrett Universal II'deydi (%52,04); bunu Holladay II (%41,84), SRK/T (%38,78) ve Haigis (%32,65) izledi. $\pm 0,50$ D içinde Holladay II en yüksek oranı gösterdi (%69,39); bunu Barrett Universal II (%67,35), SRK/T (%65,31) ve Haigis (%56,12) izledi. $\pm 1,00$ D içinde Barrett Universal II ve Holladay II aynı orana sahipti (%92,86); bunları SRK/T (%91,84) ve Haigis (%85,71) izledi.

Barrett Universal II formülüne dayalı olarak KGH çapına göre yapılan alt grup analizi, gruplar arasında benzer refraktif sonuçlar olduğunu gösterdi. OMH, 10-12 mm halka kullanılan gözlerde (n=68) $0,38 \pm 0,35$ D, 11-13 mm halka kullanılan gözlerde (n=30) ise $0,32 \pm 0,32$ D idi. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p = 0,566$). Aksiyel uzunluk, ön kamara derinliği, ortalama keratometri ve GİL gücüne göre yapılan ek alt grup analizlerinde de refraktif sonuçlar açısından anlamlı farklılık saptanmadı (tüm $p > 0,05$).

KGH endikasyonları açısından, çalışmaya alınan 98 gözün 72'sinde (%73,5) preoperatif olarak PEX sendromu mevcuttu. PEX ve PEX olmayan gözler arasında OMH açısından anlamlı fark saptanmadı (tüm formüller $p > 0,05$). Her bir formüle ait refraktif sonuçlar [Tablo 2](#)'de sunulmuştur. Bilateral göz etkisini değerlendirmek için yapılan duyarlılık analizinde (n=92), formüller arası karşılaştırmaların göreceli sıralaması ve istatistiksel anlamlılığı korundu (Friedman $\chi^2 = 24,97$; $p < 0,001$).

Tartışma

Bu çalışmada, KGH implantasyonu ile birlikte katarakt cerrahisi uygulanan gözlerde refraktif sonuçlar ve güncel GİL hesaplama formüllerinin tahmin doğruluğu değerlendirildi. Preoperatif ölçümler swept-source OKT biyometrisi ile elde edildi. Genel olarak refraktif sonuçlar kabul edilebilir düzeydeydi; ancak tüm formüllerde hafif bir hipermetropik eğilim gözlemlendi. Barrett Universal II ve Holladay II, değerlendirilen formüller arasında daha düşük mutlak hata değerleriyle öne çıkarken, Haigis ve SRK/T daha yüksek mutlak tahmin hataları ile ilişkili bulundu.

GİL gücü hesaplamasında kullanılan formül, refraktif sonucun doğruluğunu etkileyen önemli faktörlerden biridir. Literatürde, farklı biyometrik parametreleri hesaba katan formüllerin klasik formüllere göre bazı hasta gruplarında daha düşük tahmin hatası sağlayabildiği bildirilmiştir.¹⁴ Ön kamara derinliği gibi ön segment biyometrik parametrelerindeki değişikliklerin, GİL hesaplama formüllerinin tahmin hatasını etkileyebileceği ve hipermetropik tahmin eğilimiyle ilişkili olabileceği bildirilmiştir.¹⁵ Swept-source OKT biyometrisine dayalı çalışmalarda da Barrett Universal II, Haigis, SRK/T ve Holladay II gibi klinik pratikte yaygın kullanılan formüllerle kabul edilebilir refraktif sonuçlar elde edilmiştir.^{16,17} Mevcut çalışmada bu formüller KGH implante edilen gözlerde karşılaştırıldı. Barrett Universal II en düşük OMH ve MMH

değerlerini gösterirken, Holladay II de benzer mutlak hata değerleriyle öne çıktı.

KGH uygulanan gözlerde refraktif tahmin doğruluğunu özel olarak inceleyen çalışma sayısı sınırlıdır. Yakın tarihli bir çalışmada, KGH implantasyonu yapılan yüksek miyop gözlerde Barrett Universal II'nin Haigis ve SRK/T'ye göre daha düşük mutlak hata değerleri sağladığı ve $\pm 0,25$ D içinde kalan göz oranının en yüksek bu formülde olduğu bildirilmiştir.¹⁸ Bulgularımız bu çalışmayla kısmen uyumludur. Mevcut seride Barrett Universal II, Haigis ve SRK/T'ye göre daha düşük mutlak hata değerleri gösterdi. Bununla birlikte, Holladay II de Barrett Universal II'ye benzer sonuçlar verdi ve iki formül arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı. Bu bulgu, swept-source OKT ile ölçülen KGH'li gözlerde Barrett Universal II'nin yanı sıra Holladay II'nin de klinik olarak değerlendirilebilecek bir seçenek olabileceğini düşündürmektedir.

Rutin katarakt cerrahisinde swept-source OKT biyometrisi ile yapılan çalışmalarda, farklı GİL hesaplama formülleriyle yüksek refraktif doğruluk elde edildiği bildirilmiştir. Savini ve ark.¹⁷ çalışmasında Barrett Universal II ve Holladay II dahil olmak üzere çeşitli formüllerin refraktif tahmin performansı karşılaştırılmış ve güncel biyometri cihazlarıyla kabul edilebilir sonuçlar elde edilebildiği gösterilmiştir. Mevcut seride Barrett Universal II, $\pm 0,25$ D içinde kalan göz oranı açısından öne çıkarken, $\pm 0,50$ D aralığında en yüksek oranı Holladay II gösterdi ve $\pm 1,00$ D aralığında iki formül arasında fark saptanmadı. Bu sonuç, iki formülün KGH'li gözlerde farklı doğruluk eşiklerinde başarılı sonuçlar verebileceğini düşündürmektedir.

Çalışmamızda OTH tüm formüller için pozitif değerlerde bulundu ve bu durum hafif bir hipermetropik eğilime işaret etti. KGH ile ilişkili önceki çalışmalarda da benzer bulgular bildirilmiş olmakla birlikte, bu konuda kesin bir görüş birliği yoktur. PEX'li hastalarda yapılan bir çalışmada, hem KGH implante edilen hem de edilmeyen gözlerde hipermetropik eğilim gözlenmiş ve yalnızca KGH implantasyonuna bağlı olarak formülde özel bir modifikasyon yapılmasının gerekli olmadığı bildirilmiştir.¹⁹ İntraoperatif OKT temelli çalışmalar, postoperatif GİL pozisyonunun refraktif öngörüdeki belirsizliğin önemli

| Değişken | Değer |
|---|------------------|
| Göz, n | 98 |
| Hasta, n | 92 |
| Yaş (yıl), ortalama \pm SS | 73,03 \pm 8,10 |
| Cinsiyet, erkek/kadın, n | 46/52 |
| Taraf, sağ/sol, n | 54/44 |
| Aksiyel uzunluk (mm), ortalama \pm SS | 23,03 \pm 1,04 |
| Ön kamara derinliği (mm), ortalama \pm SS | 3,13 \pm 0,43 |
| Ortalama keratometri (D), ortalama \pm SS | 44,12 \pm 1,55 |
| KGH çapı, 10-12 mm/11-13 mm, n | 68/30 |

SS: Standart sapma, D: Diyoptri, KGH: Kapsül germe halkası

| Formül | OTH (D) | OMH (D) | MMH (D) | $\leq 0,25$ D (%) | $\leq 0,50$ D (%) | $\leq 1,00$ D (%) |
|----------------------|------------------|-----------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Barrett Universal II | +0,21 \pm 0,45 | 0,36 \pm 0,34 | 0,24 | 52,04 | 67,35 | 92,86 |
| Holladay II | +0,19 \pm 0,48 | 0,40 \pm 0,32 | 0,30 | 41,84 | 69,39 | 92,86 |
| SRK/T | +0,32 \pm 0,49 | 0,45 \pm 0,37 | 0,33 | 38,78 | 65,31 | 91,84 |
| Haigis | +0,24 \pm 0,66 | 0,54 \pm 0,45 | 0,44 | 32,65 | 56,12 | 85,71 |

OTH: Ortalama tahmin hatası, D: Diyoptri, OMH: Ortalama mutlak hata, MMH: Medyan mutlak hata

kaynaklarından biri olduğunu göstermiştir.²⁰ Sonuçlarımız da bu gözlemlerle paralellik göstermektedir. Hipermetropik eğilim sınırlı düzeyde olmasına rağmen, tüm formüllerde tutarlı biçimde saptandı. Bu bulgu, KGH implantasyonu yapılan gözlerde hedef refraksiyonun planlanması sırasında klinik açıdan dikkate alınabilir. Ayrıca, mevcut seride postoperatif ön kamara derinliği değerlendirilmediğinden, KGH implantasyonu, efektif lens pozisyonu ve refraktif sonuç arasındaki ilişki yalnızca dolaylı olarak yorumlanabilmektedir.

Yüksek miyop gözlerde yapılan önceki bir çalışmada, KGH implantasyonunun refraktif sonuçlar üzerinde belirgin ve tutarlı bir etkisi olmadığı, ancak refraktif tahmin hassasiyetini artırabileceği bildirilmiştir.²¹ Daha yakın tarihli bir başka çalışmada ise uzun aksiyel miyopisi olan gözlerde 13 mm KGH implantasyonunun formül seçimini anlamlı şekilde etkilemediği gösterilmiştir.²² Mevcut çalışmada da KGH çapına göre yapılan alt grup analizinde anlamlı fark saptanmadı. 10-12 mm ve 11-13 mm KGH kullanılan gözlerde Barrett Universal II ile benzer refraktif sonuçlar elde edildi. Aksiyel uzunluk, ön kamara derinliği, ortalama keratometri ve GİL gücü temel alınarak yapılan ek alt grup analizlerinde de anlamlı farklılık saptanmadı. Bu bulgular, çalışmamızın örneklem sınırları içinde, KGH çapının ve değerlendirilen biyometrik değişkenlerin refraktif tahmin doğruluğunu belirgin şekilde etkilemediğini düşündürmektedir.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları vardır. Retrospektif olarak tasarlanmış ve tek merkezde gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, postoperatif ön kamara derinliği verisi bulunmadığı için, KGH implantasyonu ile efektif lens pozisyonu ve refraktif hata arasındaki ilişki doğrudan ortaya konulamamıştır. Bu nedenle çalışmamızda efektif lens pozisyonuna ilişkin çıkarımlar dolaylı niteliktedir; bu mekanizmanın doğrudan değerlendirilmesi için intraoperatif ya da postoperatif OKT tabanlı ölçümleri içeren prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır. Kane ve EVO 2.0 gibi yeni nesil formüller ARGOS biyometri cihazının yazılımında bulunmadığından bu çalışmada değerlendirme dışı bırakılmıştır. Bu formüllerin KGH implante edilmiş gözlerdeki tahmin doğruluğunun ileri çalışmalarla incelenmesi yerinde olacaktır.

Sonuç

Sonuç olarak, güncel GİL hesaplama formülleriyle değerlendirildiğinde, KGH implantasyonu ile birlikte uygulanan katarakt cerrahisi kabul edilebilir refraktif sonuçlar verebilir. Bu kohortta Barrett Universal II ve Holladay II, değerlendirilen formüller arasında daha düşük

mutlak tahmin hata değerleriyle öne çıktı. Haigis ve SRK/T ise daha yüksek mutlak hatalarıyla ilişkili bulundu. Ayrıca, tüm formüllerde hafif ancak tutarlı bir hipermetropik eğilim gözlemlendi. Bu durum, KGH uygulanan gözlerde hedef refraksiyonun ve GİL gücünün planlanması açısından klinik önem taşıyabilir.

Etik

Etik Kurul Onayı: Çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylandı (onay no: 2025/42-22, tarih: 01.12.2025) ve Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak gerçekleştirildi.

Hasta Onayı: Çalışmanın retrospektif niteliği nedeniyle bilgilendirilmiş onam gereksinimi bulunmamaktadır.

Beyan

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: A.D., G.A., Konsept: A.D., M.Y., G.A., Dizayn: A.D., M.Y., G.A., Veri Toplama veya İşleme: A.D., M.Y., G.A., Analiz veya Yorumlama: A.D., M.Y., G.A., Literatür Arama: A.D., M.Y., Yazan: A.D., M.Y., G.A.

Çıkar Çatışması: Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

Kaynaklar

1. Rosen E. Cataract surgery is refractive surgery. J Cataract Refract Surg. 2012;38:191-192.
2. Reitlat O, Levy A, Kleinmann G, Assia EI. Accuracy of intraocular lens power calculation using three optical biometry measurement devices: the OA-2000, Lenstar-LS900 and IOLMaster-500. Eye. 2018;32:1244-1252.
3. Norrby S. Sources of error in intraocular lens power calculation. J Cataract Refract Surg. 2008;34:368-376.
4. Hara T, Hara T, Yamada Y. "Equator ring" for maintenance of the completely circular contour of the capsular bag equator after cataract removal. Ophthalmic Surg. 1991;22:358-359.
5. Gimbel HV, Sun R. Clinical applications of capsular tension rings in cataract surgery. Ophthalmic Surg Lasers. 2002;33:44-53.
6. Xie T, Liu X, Zhu J, Li X. Effect of capsular tension ring on optical and multifunctional lens position outcomes: a systematic review and a meta-analysis. Int Ophthalmol. 2021;41:3971-3984.
7. Fairaq R, Alshaikh L, Khan SA, Helayel HB, Al Habash A, Almutlak M. Zonular compromise: a narrative review of indicators and management strategies. Saudi J Ophthalmol. 2025;39:354-360.
8. Xu J, Feng K, Mo E, Xu Y, Zhu C, Zhao YE, Li J, Huang F. Effect of capsular tension ring on the accuracy of nine new-generation IOL formulas in long eyes. J Refract Surg. 2025;41:e114-e119.
9. Gür Güngör S, Akman A, Asena L, Aksoy M, Sarıgül Sezenöz A. Changes in anterior chamber depth after phacoemulsification in

- pseudoexfoliative eyes and their effect on accuracy of intraocular lens power calculation. *Turk J Ophthalmol.* 2016;46:255-258.
10. An Y, Kang EK, Kim H, Kang MJ, Byun YS, Joo CK. Accuracy of swept-source optical coherence tomography based biometry for intraocular lens power calculation: a retrospective cross-sectional study. *BMC Ophthalmol.* 2019;19:30.
 11. Orts-Vila P, Tañá-Sanz S, Tello-Elordi C, Montés-Micó R, Tañá-Rivero P. Axial length acquisition success rates and agreement of two swept-source optical biometers in eyes with dense cataracts. *Front Med (Lausanne).* 2024;11:1449867.
 12. Xia T, Martinez CE, Tsai LM. Update on intraocular lens formulas and calculations. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila).* 2020;9:186-193.
 13. Langenbacher A, Wendelstein J, Szentmáry N, Cayless A, Hoffmann P, Debellmaniere G, Gatinel D. Performance of a simplified strategy for formula constant optimisation in intraocular lens power calculation. *Acta Ophthalmol.* 2025;103:e10-e18.
 14. Kuthirummal N, Vanathi M, Mukhija R, Gupta N, Meel R, Saxena R, Tandon R. Evaluation of Barrett universal II formula for intraocular lens power calculation in Asian Indian population. *Indian J Ophthalmol.* 2020;68:59-64.
 15. Kesim C, Yıldız-Taş A, Karshoğlu 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.
 16. Melles RB, Holladay JT, Chang WJ. Accuracy of intraocular lens calculation formulas. *Ophthalmology.* 2018;125:169-178.
 17. Savini G, Hoffer KJ, Balducci N, Barboni P, Schiano-Lomoriello D. Comparison of formula accuracy for intraocular lens power calculation based on measurements by a swept-source optical coherence tomography optical biometer. *J Cataract Refract Surg.* 2020;46:27-33.
 18. Zhao HY, Zhang JS, Li M, Chen DJ, Wan XH. Effect of capsular tension ring on the refractive outcomes of patients with extreme high axial myopia after phacoemulsification. *Eur J Med Res.* 2024;29:142.
 19. Malekhamadi M, Kazemi S, Sharifipour F, Ostadian F, Mahdian Rad A, Mirdehghan MS. Effect of capsular tension ring implantation on predicted refractive error after cataract surgery in patients with pseudoexfoliation syndrome. *Int J Ophthalmol.* 2020;13:587-590.
 20. Hirnschall N, Amir-Asgari S, Maedel S, Findl O. Predicting the postoperative intraocular lens position using continuous intraoperative optical coherence tomography measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013;54:5196-5203.
 21. Schild AM, Rosentreter A, Hellmich M, Lappas A, Dinslage S, Dietlein TS. Effect of a capsular tension ring on refractive outcomes in eyes with high myopia. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36:2087-2093.
 22. Liang J, Yan H, Xie X, Zhang J, Zhang Y, Qu L. Effect of capsular tension ring implantation on intraocular lens calculation formula selection for long axial myopia. *BMC Ophthalmol.* 2024;24:368.