



Kısa Gözler için Göz İçi Lens Gücü Hesaplama Formüllerinin Etkinliği, Duyarlılığı ve Özgüllüğü

Effectiveness, Sensitivity, and Specificity of Intraocular Lens Power Calculation Formulas for Short Eyes

Wiktor Stopyra

MW-med Göz Merkezi, Krakov, Polonya

Öz

Amaç: Aksiyel uzunluğu 22,0 mm'den kısa olan gözlerde mutlak hata (MH) ve alıcı işletim karakteristiği eğrileri açısından göz içi lens (GİL) gücü hesaplama formüllerini karşılaştırmak.

Gereç ve Yöntem: Ekim 2015-Haziran 2019 tarihleri arasında MW-med Göz Merkezi'nde (Krakov, Polonya) GİL implantasyonu ile sorunsuz fakoemülsifikasyon yapılan hipermetropik hastaların verileri retrospektif olarak değerlendirildi. GİL gücü Holladay1, SRK/T, Hoffer Q, Holladay2, Haigis ve Barrett Universal II formülleri kullanılarak hesaplandı. İmplant edilen lensin gücü Hoffer Q ile hesaplanmıştır. Fakoemülsifikasyondan üç ay sonra refraksiyon ölçüldü ve MH hesaplandı. Her formül için herhangi bir düzeltme yapılmadan tam görme keskinliğine sahip hastaların yüzdesi ile hipermetropik hastaların yüzdesi belirlendi. Her formülün aksiyel uzunluk (AU) için kesme değerlerini içeren alıcı işletim karakteristiği ("receiver operating characteristic" [ROC]) eğrileri çizildi ve eğri altında kalan alan değerlendirildi.

Bulgular: Oküler AU değerleri 20,58 mm ile 21,97 mm arasında değişen 56 hasta (62 göz) çalışmaya alındı. Hoffer Q formülü kullanıldığında en düşük ortalama MH ($0,09 \pm 0,08$ D), en yüksek düzeltmesiz tam görme keskinliği oranı (%75,8) ve en düşük postoperatif hipermetropi oranı (%8,1) elde edildi. Ancak SRK/T formülü kullanıldığında eğri altında kalan alan en büyüktü (0,667).

Sonuç: Hoffer Q formülü, çalışmada en düşük MH düzeyini vermiştir ve hipermetrop gözler için GİL gücü hesaplaması için önerilebileceği görülmüştür. GİL gücü hesaplama formüllerinin etkinliğini değerlendirmede alıcı işletim karakteristiği eğrilerinin kullanımı hakkında daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Fakoemülsifikasyon, hipermetropi, göz içi lensler, ROC eğrisi

Abstract

Objectives: To compare intraocular lens (IOL) power calculation formulas in terms of absolute error (AE) and receiver operating characteristic curves in eyes with axial length (AL) shorter than 22.0 mm.

Materials and Methods: The data of hyperopic patients who underwent uneventful phacoemulsification with IOL implantation in MW-med Eye Centre, Cracow, Poland between October 2015 and June 2019 were retrospectively reviewed. IOL power was calculated using Holladay1, SRK/T, Hoffer Q, Holladay2, Haigis, and Barrett Universal II formulas. The power of the implanted lens was based on Hoffer Q. Three months after phacoemulsification, refraction was measured and AE was calculated. The percentage of patients with full visual acuity without any correction and the percentage of hyperopic patients was determined for each formula. Receiver operating characteristic curves with cut-off points for AL were drawn for each formula and the area under the curve was evaluated.

Results: Fifty-six patients (62 eyes) whose ocular AL ranged between 20.58 mm and 21.97 mm were included in the study. Hoffer Q formula yielded the lowest mean AE (0.09 ± 0.08 D), the highest percentage of patients with full visual acuity without correction (75.8%), and the lowest rate of postoperative hyperopia (8.1%). However, the SRK/T formula had the largest area under the curve (0.667).

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Wiktor Stopyra, MW-med Göz Merkezi, Krakov, Polonya

E-posta: wiktorstopyra@gmail.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0002-3919-8339

Geliş Tarihi/Received: 02.05.2021 Kabul Tarihi/Accepted: 17.08.2021

Cite this article as: Stopyra W. Effectiveness, Sensitivity, and Specificity of Intraocular Lens Power Calculation Formulas for Short Eyes. Türk J Ophthalmol 2022;52:201-207

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

Conclusion: The Hoffer Q formula gave the lowest level of AE in the study and seems to be recommendable for IOL power calculation for hyperopic eyes. Further studies are needed on the use of receiver operating characteristic curves in assessing the effectiveness of IOL power calculation formulas.

Keywords: Phacoemulsification, hyperopia, intraocular lenses, ROC curve

Giriş

Göz içi lens (GİL) gücünün doğru hesaplanması katarakt cerrahisi için çok önemlidir çünkü hastaların ameliyat sonrası mükemmel görme beklentileri artmaya devam etmektedir.¹ Bu nedenle, daha fazla parametreye dayanan yeni GİL gücü hesaplama formülleri hala geliştirilmektedir. Tarihsel değeri olan, Binkhorst veya SRK (Sanders-Retzlaff-Kraff) gibi birinci nesil formüller sadece aksiyel uzunluk (AU), korneal güç (K) ve lens sabitini (A) temel alıyordu. SRK II gibi ikinci nesil formüllerde A, AU'ya dayalı olarak değiştirilmiştir. Üçüncü nesil formüllerde (Holladay 1, SRK/T, Hoffer Q) ön kamara derinliği (ÖKD) gibi daha fazla değişkenden yararlanılıyordu.² Daha sonra Haigis (sırasıyla cerrah faktörü, ÖKD ve AU ile eşdeğer olan üç sabit [a0, a1, a2] kullanılır) ile bu parametrelere ek olarak lens kalınlığı ve kornea beyaz-beyaz mesafesi gibi parametreleri de kullanan Holladay 2 gibi dördüncü nesil formüller geliştirildi. Bu gelişmeler beşinci nesil formüllerin (Olsen, Barrett Universal II, Hill - Radial Basis Function) geliştirilmesinde öncü oldu.³ Barrett Universal II ve Olsen formülleri Holladay 2'ye benzer bulbus parametrelerine dayanırken, Hill-RBF formülü etkin lens pozisyonu tahmininden bağımsız olarak GİL gücünü hesaplamak için geliştirilmiş matematiksel bir algoritmadır.⁴

Çoğu GİL gücü hesaplama formülünün AU değeri 22,0 ile 25,0 mm arasında olan gözlerde iyi performans gösterdiği bilinmektedir.⁵ Yirmi iki mm'den kısa veya 25,0 mm'den uzun gözlerde GİL gücü hesaplama formüllerinin doğru sonuç verip vermediği hala tartışmalıdır.^{6,7} Bu konu ile ilgili yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda çoğu zaman araştırma yöntemi, postoperatif ve öngörülen refraktif hatanın sferik eşdeğerleri arasındaki farkın mutlak değeri kullanılarak hesaplanan mutlak hataya (MH) dayanır.^{6,7,8,9,10,11,12} Sadece sınırlı sayıda çalışmada, herhangi bir düzeltme yapılmadan görme keskinliği (GK) tam olan hastaların yüzdesi ve postoperatif hipermetropik hastaların yüzdesi gibi GİL gücü hesaplama formüllerinin doğruluğunu gösterebilecek diğer parametreler göz önünde bulundurulmuştur.^{2,3,13,14,15} Her ne kadar alıcı işletim karakteristiği ("receiver operating characteristic", [ROC]) eğrisi yöntemi tıpta bazı testlerin duyarlılığını ve özgüllüğünü değerlendirmek için yaygın olarak kullanılsa da, GİL gücü hesaplama formüllerinin doğruluğunu karşılaştırmada yeni kullanılmaya başlanmıştır.¹⁶

Bu çalışmada, 22,0 mm'den kısa gözlerde GİL gücü hesaplama formüllerinin MH'sinin, herhangi bir düzeltme yapılmadan GK'si tam olan hastaların yüzdesi ve fakoemülsifikasyon sonrası hipermetropik hastaların yüzdesi açısından karşılaştırılması amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmada yeni bir yaklaşım olan ROC eğrileri kullanılarak GİL gücü hesaplama formüllerinin doğruluğu değerlendirilmiştir.

Gereç ve Yöntem

Ekim 2015-Haziran 2019 tarihleri arasında MW-med Göz Merkezi'nde (Krakow, Polonya) 2,4 mm saydam kornea insizyonu ile sütürsüz fakoemülsifikasyon ve monofokal GİL implantasyonu yapılan Wisconsin evre 3 veya 4 kataraktlı hipermetropik hastalar (örneğin, AU $\leq 22,0$ mm) çalışmaya dahil edildi.

Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri 2,0 dioptriden (D) büyük kornea astigmatizması veya vitrektomi, gevşetici limbus insizyonu ve kornea refraktif cerrahisi gibi diğer oftalmolojik cerrahi yüküsü varlığı olarak belirlendi.

Çalışmada Helsinki Bildirgesi'nin ilkelerine bağlı kalındı. Her hasta rutin katarakt ameliyatı için bilgilendirilmiş onamını imzaladı.

Preoperatif dönemde tüm hastalara Snellen eşeli ile en iyi düzeltilmiş GK, göz içi basıncı ölçümü, biyomikroskopi ve funduskopiyi içeren tam oftalmolojik muayene yapıldı. Zeiss IOLMaster 700 (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Almanya) ile K ve AU'yu ölçmek için parsiyel koherens interferometri kullanılarak preoperatif keratometri ve oküler biyometri ölçümleri yapıldı. GİL gücü altı farklı formülle (Holladay 1, SRK/T, Hoffer Q, Haigis, Holladay 2, Barrett Universal II) hesaplandı, ancak kesin GİL gücünü belirlemek için Hoffer Q formülünün kullanılmasına karar verildi. Tüm fakoemülsifikasyon (fako) işlemleri, aynı göz cerrahisi tarafından benzer kümülatif yayılan enerji (gerçek fako gücünün zaman ile çarpımı) değerleri kullanılarak gerçekleştirildi. Ameliyat sırasında monofokal, tek parça, hidrofobik, akrilik katlanabilir GİL'ler (AcrySof SA60AT, Alcon Laboratuvarları, Fort Worth, TX, ABD) implante edildi. Postoperatif refraksiyon ameliyattan 3 ay sonra otorefrakto keratometre (Nidek ARK-1, Nidek Co Ltd, Tokyo, Japonya) ile ölçüldü ve her hasta için en az üç K ölçümü alındı.

Sayısal hata (SH), sferik eşdeğer (sferik gücün toplamı ve silindirik gücün yarıları) olarak ifade edilen gerçek postoperatif refraksiyon ile her bir formülün öngördüğü refraksiyon arasındaki fark olarak tanımlandı. Değerin pozitif olması hipermetropik bir hatayı gösterirken negatif değerler miyopik hata anlamına geliyordu. Mutlak değeri ise MH'dir. Bu nedenle, her formül için ortalama MH, tüm olguların hesaplanan postoperatif refraksiyon değerinden sapmalarının mutlak değerlerinin ortalaması şeklinde hesaplandı. Tam GK'ye herhangi bir düzeltme yapılmadan (MH 0 ile 0,12 D arasında), $\pm 0,25$ D'ye kadar düzeltme yapılarak (MH 0,13 D ile 0,37 D arasında) ve $\pm 0,5$ D'ye kadar düzeltme yapılarak (MH $>0,37$ D) ulaşan hastaların yüzdesini belirlemek için MH değerleri kullanıldı. Ayrıca, her formül için hipermetropik hasta yüzdesi (SH $\geq 0,13$) hesaplandı (MH $\leq 0,12$ olan hastalarda GK'nin herhangi bir düzeltme yapılmadan tam olduğu kabul edilirken, SH $\leq -0,13$ miyopik kabul edildi).

Son olarak, her formül için ROC eğrileri çizildi ve AU için kesme noktaları (en yüksek gerçek pozitif oran ve en düşük yanlış negatif oran) belirlendi. ROC eğrisi çizmek için, öncelikle sürekli test ölçütünün farklı değerleri için hassasiyetler ve özgüllük değerleri tablo haline getirilmiştir. Daha sonra, tabloya dönüştürülen çeşitli değerler için x eksen 1-özgüllük (yanlış pozitif oran) ve y eksen duyarlılık (gerçek pozitif oran) olacak şekilde ROC eğrisi grafikleri çizildi. Böylece her formül için 0 ile 1 arasında değişen eğri altındaki alan (EAA) hesaplanabildi.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz Statistica 13.1 paket programı kullanılarak yapıldı. P değerinin 0,05'ten küçük olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi ancak çoklu karşılaştırmalar için Bonferroni düzeltmesi yapılması gereken durumlarda anlamlılık düzeyi 0,003'e düşürüldü. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilk testi ile sınıandı. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olup olmadığı non-parametrik Kruskal-Wallis testi kullanılarak test edildi. İkili formül karşılaştırmalarında Mann-Whitney U testi (nicel değişkenler için) ve ki-kare veya Fisher'in kesin olasılık testi (nitel değişkenler için) kullanıldı.

Bulgular

Çalışmaya yaş ortalaması 71,2 yıl (aralık: 55-92 yıl) olan 56 hastanın (30 kadın ve 26 erkek) 62 gözü dahil edildi. AU değerleri 20,58 ile 21,97 mm arasındaydı (ortanca: 21,49 mm).

Hoffer Q formülü $0,09 \pm 0,08$ ile en düşük MH ortalamasını vermiştir. Her formül için hesaplanan MH değerlerinin ayrıntılı sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Katarakt cerrahisi sonrası beklenen düzeltmeye ulaşıldığını gösteren MH değeri dikkate alınarak çalışma grubu üç alt gruba ayrıldı. Birinci alt grupta emetropi ($MH \leq 0,12$ D), ikinci grupta $\pm 0,25$ D ($MH 0,13-0,37$ D) ve üçüncü grupta $\pm 0,5$ D veya daha fazla ($MH > 0,37$ D) düzeltme olması bekleniyordu. Alt grupların yüzde dağılımı Şekil 1'de gösterilmektedir.

Verilerin normal dağılım göstermemesi nedeniyle, formüller arasındaki MH değerlerindeki farklılıkları belirlemek için parametrik olmayan Kruskal-Wallis testi kullanıldı. Elde edilen olasılık değeri $p < 0,001$ olduğundan, formül çiftleri arasındaki MH dağılımını karşılaştırmak için ki-kare testi (veya özel durumlarda Fisher'in kesin olasılık testi) ile post-hoc analizler yapılmıştır. Çoklu karşılaştırmalar nedeniyle, Bonferroni düzeltmesi yapıldı ve bu nedenle beklenen anlamlılık düzeyi $\alpha = 0,05/15 = 0,003$ 'e düşürüldü. Aşağıdaki değişken çiftlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur: Diğer tüm

formüllere karşı Hoffer Q, Holladay 1'e karşı Haigis, Holladay 2'ye karşı Haigis ve Holladay 1'e karşı Barrett Universal II (Tablo 2).

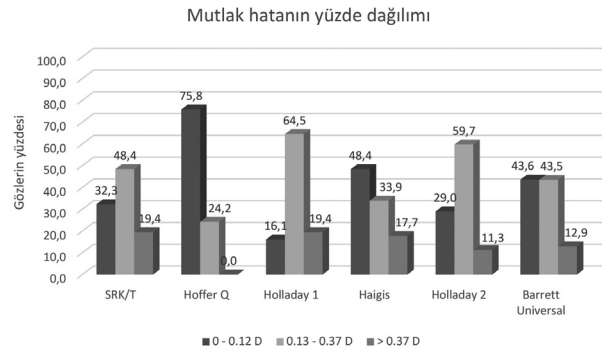
Katarakt cerrahisinden sonra beklenen hipermetropi değerini hesaplamak için iki ek hasta grubu oluşturuldu. Birinci grupta emetropi veya miyopi ($SH \leq 0,12$ D), ikinci grupta ise hipermetropi ($SH > 0,12$ D) bekleniyordu. Bu grupların yüzde dağılımı Şekil 2'de gösterilmektedir.

Benzer şekilde, verilerin normal dağılım göstermemesine bağlı olarak, çiftler arasında SH'nin yüzde dağılımını karşılaştırmak için Kruskal-Wallis testini takiben post-hoc ki-kare veya Bonferroni düzeltmesi ile Fisher'in kesin olasılık testi yapıldı. Aşağıdaki değişken çiftlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar bulundu: Hoffer Q'ya karşı Barrett Universal II, Hoffer Q'ya karşı Holladay 1 ve Hoffer Q'ya karşı SRK/T (Tablo 2).

Ayrıca her formül için ROC eğrileri çizilmiş ve AU değerleri için kesme noktaları karar eşikleri olarak belirlenmiştir. Ayrıca her formül için EAA değerleri hesaplandı. EAA değerinin yüksek olması formül performansının daha iyi olduğunu yansıtmaktadır. Hesaplama sonuçları Tablo 3'te verilmiş olup kesme noktaları ile birlikte ROC eğrileri Şekil 3'te grafik olarak gösterilmiştir.

Tartışma

Hipermetropik gözler için kesin GİL gücünün hesaplanması, katarakt cerrahisi için günlük pratikte bir sorun olmaya devam etmektedir. Bu sorunu araştıran ve bazı formüllerin doğruluğunu, en sık MH olmak üzere, farklı parametreler kullanarak değerlendiren çok sayıda çalışma bulunmaktadır.^{2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,17} Sınırlı sayıda çalışma,

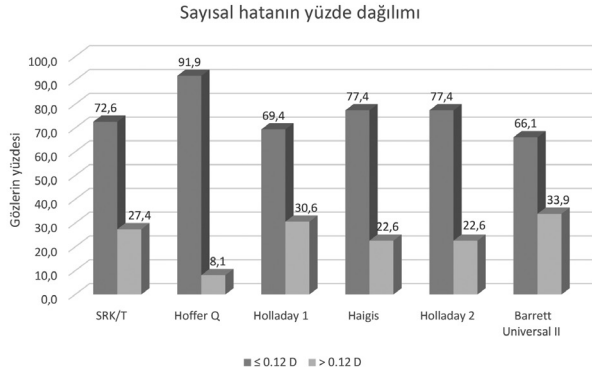


Şekil 1. Tüm formüller için mutlak hatanın (MH) yüzde dağılımları. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır ($p < 0,001$, Kruskal-Wallis)

Tablo 1. Mutlak hatanın (MH) tanımlayıcı istatistikleri

	Mutlak hata (D)					
	SRK/T	Hoffer Q	Holladay 1	Haigis	Holladay 2	Barrett Universal
Ortalama $\pm$ SS	0,23 $\pm$ 0,17	0,09 $\pm$ 0,08	0,26 $\pm$ 0,17	0,21 $\pm$ 0,22	0,20 $\pm$ 0,13	0,19 $\pm$ 0,16
Ortanca	0,20	0,06	0,23	0,13	0,19	0,14
Aralık	0,01-0,63	0,00-0,34	0,01-0,73	0,00-0,91	0,00-0,54	0,00-0,71
SS: Standart sapma						

fakoemülsifikasyondan sonra GİL gücü hesaplama formüllerinin etkinliğini değerlendirmek için refraksiyon değeri $\pm 0,25$ D, $\pm 0,5$ D, $\pm 0,75$ D ve $\pm 1,0$ D olan hastaların yüzdesi gibi farklı kriterlerin kullanılmasını önermiştir.^{3,4,14,15} Bu tür parametrelerin kullanılması yararlıdır, ancak sonuçlar değişkenlik gösterebilir. Örneğin, kısa gözlerde Hoffer Q formülü kullanılarak yapılan



Şekil 2. Tüm formüllerin sayısal hatalarının (SH) yüzde dağılımı. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardı ($p < 0,001$, Kruskal-Wallis)

çalışmalarda postoperatif refraksiyonun, Doshi ve ark.¹ hastaların %42,5'inde, Aristodemou ve ark.¹³ %71'inde ve Gökce ve ark.⁴ %84,9'unda $\pm 0,5$ D'den düşük olduğunu bildirmiştir. Haigis formülü kullanıldığında elde edilen farklar daha yüksekti. Doshi ve ark.¹ hastaların %17,5'i, Gökce ve ark.⁴ hastaların %62,8'i, Moschos ve ark.³ hastaların %72,0'ında postoperatif refraksiyonu $\pm 0,5$ D'den düşük bulmuştur. Çalışmamızda postoperatif refraksiyon Haigis formülü ile hastaların %82,3'ü ve Hoffer Q formülü ile hastaların %100'ünde $\pm 0,5$ D'den düşük bulunmuştur. Diğer bazı çalışmalarda, düzeltme yapılmadan tam GK saptanan hasta yüzdeleri de hesaplanmıştır.²

Bu çalışmada, aksiyel uzunluğu 22,0 mm'den küçük gözlerde GİL gücü Hoffer Q formülü ile hesaplandığında MH'nin en düşük olduğu, GK'si düzeltmesiz tam olan hastaların yüzdesinin en yüksek olduğu ve hipermetropik hasta yüzdesinin en düşük olduğu görülmüştür.

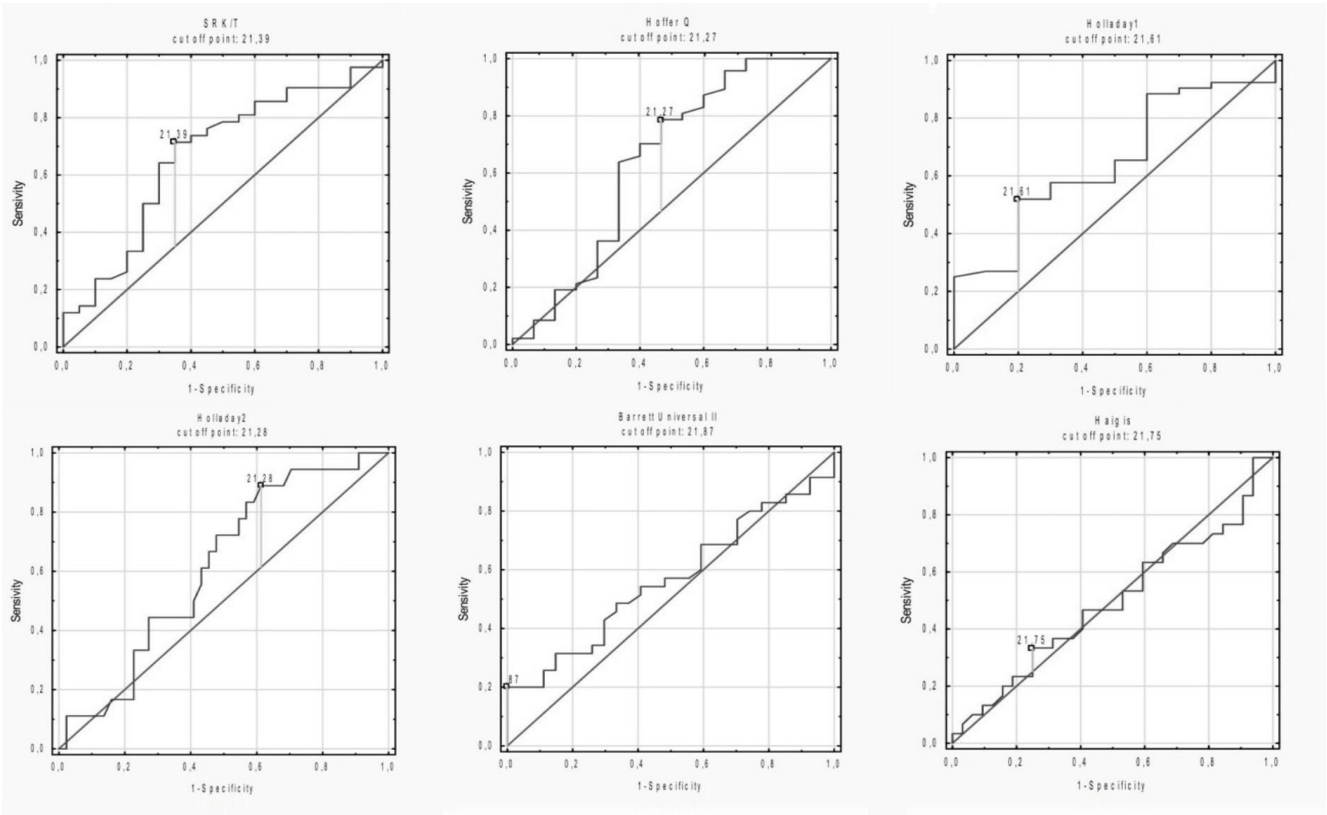
Bu çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu olarak, birçok hekim hipermetropik gözlerde GİL gücü tahmini için en doğru sonuç veren formülün Hoffer Q olduğunu düşünmektedir.^{2,4,8,9,11,13} Literatüre göre doğruluk açısından en iyi ikinci formül Haigis formülüdür.^{3,6,8,11,12} Ancak, 1.161 gözün dahil edildiği 11 gözlemsel çalışmaya dayanan 2018 yılında yapılan bir meta-

Tablo 2. Mutlak hata (MH) yüzdesi dağılımı ve sayısal hata (SH) yüzdesi dağılımının ikili karşılaştırma sonuçları

Ki-kare testi sonuçları	p (MH)	p (SH)
SRK/T-Hoffer Q	<0,001	<0,001
SRK/T-Holladay 1	0,021	0,618
SRK/T-Haigis	0,054	0,433
SRK/T-Holladay 2	0,174	0,433
SRK/T-Barrett Universal II	0,199	0,319
Holladay 1-Hoffer Q	<0,001	<0,001
Hoffer Q-Haigis	<0,001	0,004
Hoffer Q-Holladay 2	<0,001	0,004
Hoffer Q-Barrett Universal II	<0,001	<0,001
Holladay 1-Haigis	<0,001	0,200
Holladay 1-Holladay 2	0,049	0,200
Holladay 1-Barrett Universal II	<0,001	0,618
Haigis-Holladay 2	0,001	1
Haigis-Barrett Universal II	0,332	0,076
Holladay 2-Barrett Universal II	0,062	0,076

Tablo 3. İki yönlü güven aralığı düzeyleri ile eğri altı alan (EAA) değerleri

Formül	EAA	SH	%95 güven aralığı alt sınır	% 95 güven aralığı üst sınır	p değeri
SRK/T	0,667	0,076	0,518	0,815	0,028
Hoffer Q	0,645	0,096	0,458	0,833	0,129
Holladay 1	0,649	0,089	0,475	0,823	0,093
Haigis	0,493	0,075	0,347	0,639	0,928
Holladay 2	0,615	0,074	0,47	0,759	0,119
Barrett Univ. II	0,564	0,073	0,421	0,707	0,380
SH: Sayısal hata					



Şekil 3. Her formül için alıcı işletim karakteristiği (ROC) eğrileri ve kesme noktaları

analizde, Haigis formülünün Hoffer Q'den üstün olduğu gösterilmiştir. Yazarlar, en küçük ortalama MH'ye Holladay 2 ile ulaşıldığını, ancak farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bildirmişlerdir.⁶ Holladay 2 formülünün kısa gözlerde GİL gücü tahmininde en doğru sonuçları verdiği bazı çalışmalarda gösterilmiştir.^{4,11} Hipermetropik gözlerde GİL gücü hesaplanırken en kesin sonuç veren formülün Holladay 1,¹³ Hill-RBF,¹⁴ Barrett Universal II,¹⁵ veya Kane formülü¹⁷ olduğunu bildiren çalışmalar da bulunmaktadır. Hoffer ve Savini¹¹ son 50 yılda yayımlanan çalışmaları analiz etmiş ve Hoffer Q, Haigis ve Holladay 2 formüllerinin kısa gözlerde GİL gücü tahmini için en iyi seçenekler olduğunu bildirmiştir.

MH'yi temel alan önceki çalışmalarda, fakoemülsifikasyondan sonra hem miyopik hem hipermetropik düzeltme gereken hastaların yüzdesi gösterilmiştir. Ancak ameliyat sonrası düşük düzey miyopinin, hipermetropiden daha az zorlayıcı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada katarakt cerrahisi sonrası sadece MH'ye değil, SH'ye dayalı hipermetropik hastaların yüzdesi de değerlendirilmiştir. Hoffer Q formülü postoperatif hipermetropi açısından en düşük sonuçları vermiştir (%8,1). 2014 yılında 69 hasta ile yapılan bir çalışmada Moschos ve ark.³, GİL gücü Hoffer Q formülüne göre hesaplandığında, hastaların %15'inin $\pm 1,0$ D'den fazla düzeltme gerektirdiğini göstermiştir. Bununla birlikte, AU A-tarama ultrason ile ölçülmüş olup bu yöntemin doğruluğu IOLMaster'dan daha düşük saptanmıştır.

Preoperatif ve postoperatif ultrason biyometriye dayalı çalışmalar, GİL implantasyonu sonrası öngörülen refraksiyondaki hataların %54'ünün AU ölçüm hatalarına bağlanabileceğini göstermiştir.¹⁸ Ancak Gökce ve ark.⁴ çalışmalarında AU, optik düşük koherensli refraktometre ile ölçüldükten sonra Hoffer Q formülü (ve Holladay 1) ile hesaplama yapıldığında 67 hastada bu oranın sadece %2,3 olduğunu bulmuştur. Lenstar LS900 ve IOLMaster 700 ile ölçülen AU, K ve ÖKD değerleri benzerdir. Bununla birlikte, IOLMaster 700'de swept-source optik koherens tomografi kullanırken yaygın olarak kullanılan IOLMaster 500 optik biyometre ile karşılaştırıldığında elde edilen biyometrik ölçümlerin daha doğru olduğu gösterilmiştir.¹⁹ Öte yandan, IOLMaster 700 ile Scheimpflug teknolojisini parsiyel koherens interferometri ile birleştiren Pentacam AXL ile ölçülen biyometrik parametreler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı bildirilmektedir.²⁰ Buna karşılık, Tang ve ark.¹⁵ tarafından 16 hastanın dahil edildiği yakın tarihli bir çalışmada, fakoemülsifikasyondan sonra hastaların %46,7'sine kadar $\pm 0,5$ D'den daha fazla düzeltme yapılması gerektiği gösterilmiştir (Hill-RBF formülü ile elde edilen en iyi sonuçtur). Fakat bu çalışmada cerrahiler asistan göz hekimleri tarafından yapılmıştır.

Bu çalışmanın yöntemi, ROC eğrisi analizinin kullanılması nedeniyle öncü özelliktedir. Tıpta duyarlılık ve özgüllüğü değerlendirmek için ROC eğrileri yaygın olarak

kullanılmaktadır.¹⁶ Ancak daha önce GİL gücü hesaplama formüllerinin etkinliğini değerlendirmek için kullanılmamıştır. ROC eğrisi şu şekilde çizilmiştir:

$$ROC (-) = \{(1-F(c), 1-G(c)): -\infty \leq c \leq \infty\}$$

Değişen c eşiği $\{x: x > c\}$ ile x değişkeninin grafiğidir. $F(+1) = G(+1) = 1$ ve $F(-1) = G(-1) = 0$ olduğundan ROC eğrisi birim karenin (0, 0) ve (1, 1) köşelerini birleştirir (burada F, 0 adlı gruptaki x değişkeninin dağılım fonksiyonudur ve G, 1 adlı gruptaki x değişkeninin dağılım fonksiyonudur). Uygulamada, EAA'yı hesaplamak yararlıdır.¹⁶ Normalde, EAA değerinin 0,5 olması, ayırt etme yeteneği olmayan bir testi (yani, şaştan daha iyi olmayan) gösterirken, EAA'nın 1,0 olması testin mükemmel ayırt etme yeteneği olduğunu ifade etmektedir.

Bu çalışmada SRK/T formülü için en büyük EAA (0,667) elde edildi ve istatistiksel olarak anlamlıydı ($p=0,028$). Ancak, Holladay 1 (0,649) ve Hoffer Q (0,645) formülleri ile hesaplanan EAA değerleri SRK/T için elde edilen değere çok yakındı. Ayrıca, her formül için bir AU kesme noktası belirlendi ve kesme noktası değerleri 21,27 mm (Hoffer Q formülü) ile 21,87 mm (Barrett Universal II formülü) arasında değişiyordu. Hoffer Q formülü için kesme noktası en küçüktü, bu da Hoffer Q'nun, örnekleme bulanık gözlerden daha kısa gözler için bile daha doğru sonuç verdiğini göstermektedir. Öte yandan, değerlendirilen gözlerin medyan AU değeri 21,49 mm idi ve SRK/T formülünün kesme noktasına en yakındı. Bu bulgu EAA açısından bu formülün kullanılmasını destekleyebilir. Ancak, GİL gücü hesaplanmasında SRK/T formülünün doğruluğunu gösteren bazı makaleler vardır. Doshi et al.¹ SRK/T formülünün refraksiyonu $\pm 0,5$ D'den düşük hasta yüzdesi açısından en büyük değere ulaştığını, Hoffer Q formülünün ise kısa gözlerde refraksiyonu $\pm 1,0$ D'den düşük hasta yüzdesi açısından en büyük değere sahip olduğunu bildirmiştir. Aristodemou ve ark.¹³, SRK/T formülünü kullanarak aksiyel uzunluğu 21,5 mm ile 21,99 mm arasında değişen gözlerde refraksiyonu $\pm 0,25$ D'nin altında ve $\pm 1,0$ D'nin altında olan en yüksek hasta yüzdesine ulaşmışlardır. Bu çalışmada belirlenen kesme noktaları, çalışılan gözlerin küçük AU aralığı nedeniyle çok benzerdir, ancak teorik olarak, bu kesme noktaları kullanılarak, verilen formüllerin en doğru olduğu AU aralıkları belirlenmeye çalışılabilir. Uzunluk farklarının çok daha büyük olduğu miyopik gözlerde bu kavram muhtemelen daha iyi sonuç verebilir. ROC eğrisi yöntemi her ne kadar ilgi çekici görünse de GİL gücü hesaplama formüllerinin duyarlılık ve özgüllüğünü değerlendirmede kesin sonuçlar vermemiştir.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Bu çalışmanın kısıtlı olduğu bazı yönleri bulunmaktadır. Bunlardan ilki, opere edilen gözlerin AU aralığının (20,58-21,97 mm) nispeten küçük olmasıdır. Aristodemou ve ark.¹³ çalışmalarında belirli uzunluk aralıkları için farklı ortalama MH değerleri hesaplamışlardır. Sonuçlarına göre Holladay 1 formülü 20,00-20,99 mm aralığında, Hoffer Q formülü 21,00-21,49 mm aralığında ve SRK/T formülü 21,50-21,99 mm aralığında ortalama MH'nin en düşük olduğunu bildirmişlerdir (MH sırasıyla 0,67, 0,50 ve 0,43). Çalışmamızda opere edilen

gözlerin medyan AU değeri 21,49 mm'dir. Bu değer Hoffer Q formülünde MH açısından ve SRK/T formülünde ise ROC eğrisi açısından en yüksek doğruluğu vermesi beklenebilir. Sonuçlardaki bu tutarsızlık, Aristodemou ve ark.'nın¹³ geniş çaplı çalışmalarında (457 göz) elde ettikleri sonuçlara benzerdir. Çalışmamdaki hasta grubu büyük olmasa da, daha küçük örneklemli yayımlanmış çok sayıda makale bulunmaktadır.^{9,12,18,21,22} Cook ve ark.²¹ ve Gavin ve ark.²² 41 gözü, Wang ve ark.¹⁸ 33 gözü, Carifi ve ark.⁹ 28 gözü ve Roh ve ark.¹² sadece 25 gözü değerlendirmiştir. Öte yandan, Aristodemou ve ark.,¹³ Gökce ve ark.,⁴ ve Eom ve ark.²³ tarafından yapılan çalışmalara sırasıyla 457, 86 ve 75 göz dahil edilmiştir. Bu çalışmanın bir diğer kısıtlılığı, tüm hastalara aynı model GİL implante edilmiş olmasıdır. Bu nedenle sonuçlar farklı tasarımdaki GİL modellerine genellenemeyebilir. Benzer şekilde, tüm işlemlerin aynı göz cerrahı tarafından yapılmış olması genelleme yapılmasını sınırlamaktadır. Ayrıca, bu çalışmaya katılan altı hastanın her iki gözü de ameliyat edildi, bu da çalışmanın bir kısıtlılığı olabilir. Ancak, ameliyat edilen gözlerin yalnızca %10'unu oluşturdıklarından nihai sonucu etkilememiş olması beklenir. Son olarak çalışmada pupil dilatasyonu düşünülmemiştir. Pupil dilatasyonunun GİL gücü hesaplama formüllerinin doğruluğuna etkisi ile ilgili raporlar mevcuttur.²⁴

Sonuç

Özetle, bu çalışmanın sonuçları Hoffer Q formülünün aksiyel uzunluğu 22,0 mm'den küçük gözler için MH, düzeltmesiz tam görme keskinliğine ulaşılan hastaların yüzdesi ve hipermetropik hastaların yüzdesi açısından GİL gücü hesaplanmasında önerilebileceğini göstermektedir. Ancak ROC eğrisi analizi sonuçları göz önüne alındığında SRK/T formülü bu olgular için en doğru formüldür, bunu Holladay 1 ve Hoffer Q formülleri izlemektedir. Sunulan sonuçların güvenilirliği küçük örneklem büyüklüğü nedeniyle sınırlı olsa da, ROC eğrisi yöntemini kullanma kavramı umut verici görünmektedir.

Etik

Etik Kurul Onayı: Retrospektif çalışmadır.

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

Finansal Destek: Yazar tarafından finansal destek almadığı bildirilmiştir.

Kaynaklar

1. Doshi D, Limdi P, Parekh N, Gohil N. A Comparative Study to Assess the Predictability of Different IOL Power Calculation Formulas in Eyes of Short and Long Axial Length. J Clin Diagn Res. 2017;11:NC01-NC04.
2. Stopyra W. Accurate intraocular lens power calculation formulas for eyeballs with the axial length smaller than 22.0 mm. Okulistyka. 2017;3:29-31. http://old.okulistyka.com.pl/_okulistyka/index.php?strona=artykul&wydanie=170&artykul=1815.
3. Moschos M, Chatziralli IP, Koutsandrea C. Intraocular lens power calculation in eyes with short axial length. Indian J Ophthalmol. 2014;62:692-694.
4. Gökce SE, Zeiter JH, Weikert MP, Koch DD, Hill W, Wang L. Intraocular lens power calculations in short eyes using 7 formulas. J Cataract Refract Surg. 2017;43:892-897.

5. Chen C, Xu X, Miao Y, Zheng G, Sun Y, Xu X. Accuracy of Intraocular Lens Power Formulas Involving 148 Eyes with Long Axial Lengths: A Retrospective Chart-Review Study. *J Ophthalmol.* 2015;2015:976847.
6. Wang Q, Jiang W, Lin T, Wu X, Lin H, Chen W. Meta-analysis of accuracy of intraocular lens power calculation formulas in short eyes. *Clin Exp Ophthalmol.* 2018;46:356-363.
7. Wang Q, Jiang W, Lin T, Zhu Y, Chen C, Lin H, Chen W. Accuracy of intraocular lens power calculation formulas in long eyes: a systemic review and meta-analysis. *Clin Exp Ophthalmol.* 2018;46:738-749.
8. Batkov EN, Pashtayev NP, Mikhaylova VI. Raschet opticheskoi sily intraokuliarnoi linzy pri refraktsionnoi khirurgii 'ekstremal'noi gipermetropii [Calculation of intraocular lens power in surgical treatment of extreme hyperopia]. *Vestn Oftalmol.* 2019;135:21-27.
9. Carifi G, Aiello F, Zygora V, Kopsachilis N, Maurino V. Accuracy of the refractive prediction determined by multiple currently available intraocular lens power calculation formulas in small eyes. *Am J Ophthalmol.* 2015;159:577-583.
10. Karabela Y, Eliacik M, Kava F. Performance of the SRK/T formula using A-Scan ultrasound biometry after phacoemulsification in eyes with short and long axial lengths. *BMC Ophthalmol.* 2016;16:96.
11. Hoffer KJ, Savini G. IOL power calculation in short and long eyes. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila).* 2017;6:330-331.
12. Roh YR, Lee SM, Han YK, Kim MK, Wee WR, Lee JH. Intraocular lens power calculation using IOLMaster and various formulas in short eyes. *Korean J Ophthalmol.* 2011;25:151-155.
13. Aristodemou P, Knox Cartwright N, 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.
14. Kane JX, Van Heerden A, Atik A, Petsoglou C. Accuracy of 3 new methods for intraocular lens power selection. *J Cataract Refract Surg.* 2017;43:333-339.
15. Tang KS, Tran EM, Chen AJ, Rivera DR, Rivera JJ, Greenberg PB. Accuracy of biometric formulae for intraocular lens power calculation in a teaching hospital. *Int J Ophthalmol.* 2020;13:61-65.
16. Hoo ZH, Candlish J, Teare D. What is an ROC curve? *Emerg Med J.* 2017;34:357-359.
17. Darcy K, Gunn D, Tavassoli S, Sparrow J, Kane JX. Assessment of the accuracy of new and updated intraocular lens power calculation formulas in 10 930 eyes from the UK National Health Service. *J Cataract Refract Surg.* 2020;46:2-7.
18. Wang JK, Chang SW. Optical biometry intraocular lens power calculation using different formulas in patients with different axial lengths. *Int J Ophthalmol.* 2013;6:150-154.
19. Song JS, Yoon DY, Hyon JY, Jeon HS. Comparison of ocular biometry and refractive outcomes using IOL Master 500, IOL Master 700, and Lenstar LS900. *Korean J Ophthalmol.* 2020;34:126-132.
20. Shajari M, Cremonese C, Petermann K, Singh P, Müller M, Kohnen T. Comparison of axial length, corneal curvature, and anterior chamber depth measurements of 2 recently introduced devices to a known biometer. *Am J Ophthalmol.* 2017;178:58-64.
21. Cooke DL, Cooke TL. Comparison of 9 intraocular lens power calculation formulas. *J Cataract Refract Surg.* 2016;42:1157-1164.
22. Gavin EA, Hammond CJ. Intraocular lens power calculation in short eyes. *Eye (Lond).* 2008;22:935-938.
23. Eom Y, Kang SY, Song JS, Kim HM. Use of corneal power-specific constants to improve the accuracy of the SRK/T formula. *Ophthalmology.* 2013;120:477-481.
24. Teshigawara T, Meguro A, Mizuki N. Influence of pupil dilation on the Barrett Universal II (new generation), Haigis (4th generation), and SRK/T (3rd generation) intraocular lens calculation formulas: a retrospective study. *BMC Ophthalmol.* 2020;20:299.