

TORİK GÖZ İÇİ LENSLERİ - BAŞLANGICINDAN GÜNÜMÜZE

¹İzzet Can

içindekiler:

Giriş ve Kısa Tarihçe:

Astigmatizma Hakkında Genel Bilgiler:

 Astigmatizma Nedir?

 Astigmatizma'nın Kaynağı

 Kornea Astigmatizmasının Toplumda ve Katarakt Hastalarında Görülme Sıklığı

Kornea Astigmatizmasının Ölçümü:

 Ölçüm Yöntemleri

 Cihazlar Arasındaki Farklılıklar ve Farklı Ölçümler Karşısındaki Yaklaşımlar

 Posterior Kornea Astigmatizması

Torik Göz İçi Lensi Hasta Seçimi, Endikasyonlar / Kontrendikasyonlar:

Torik GİL Parametrelerinin Belirlenmesi:

 Torik GİL Hesaplama Sayfalarına Bilgi Girişi

 Keratometrik değerlerin girilmesi

 GİL sferik gücünün girilmesi

 Optik Biyometriler

 GİL Güç Hesabı Formülleri

 Torik GİL kullanılması sferik düzeltmeyi etkiler mi?

 Cerrahi nedenli astigmatizma (CNA) 'nın girilmesi

 Ameliyatın yapılacağı ana kesi lokalizasyonunun girilmesi

 Torik GİL Hesaplama Sayfaları

Torik GİL Cerrahisi:

¹ Prof. Dr., FEBO, Serbest Hekim, Ankara

Astigmatik Dik Aksın Kornea Üzerinde İşaretlenmesi ve Siklotorsyon Etkisine Karşı Önlem
Alınması

Referans İşaretleme

Aks İşaretleme

Manuel ve Otomatik İşaretleme Yöntem ve Cihazları

Torik GİL'nin Yerleştirilmesi ve Hesaplanan Aksla Hizalanması

Ameliyat Sırasında Dikkat Edilecek Hususlar

Torik Göz İçi Lensleri:

Alınan Klinik Sonuçlar:

Torik GİL'leri ile Alınan Sonuçlar

Anatomik Başarı (Ameliyat Sonrası Rotasyonel Stabilite):

İşlevsel Başarı

Multifokal Torik GİL'leri ile Alınan Sonuçlar

Torik GİL Komplikasyonları:

Ameliyat Sonrası Refraktif Rezidüel Astigmatizma ve Düzeltilmesi

Kapsül Germe Halkası ve Torik GİL

Rotasyon ve Rezidüel Refraktif Astigmatizmanın Düzeltilmesi

Repozisyon Ameliyat Tekniği

Sonuç:

Kaynaklar:



Giriş ve Kısa Tarihçe:

Astigmatizma düzeltilmesi, katarakt cerrahisinin refraktif bir cerrahiye dönüşümü sürecinde, hastaların gözlükten bağımsız hale getirilmesi amacıyla yönelik olarak en önemli kilometre taşlarından birisi olmuştur. Çünkü katarakt cerrahisi geleneksel yollarla yapıldığında hastaların korneal astigmatizmaları düzeltildeden kalmakta ve sonraki dönemde gözlük kullanılsa bile görsel kalitede yetersizlikler yaşanmaktadır. Kornea astigmatizması zannedilenin aksine toplumda ve katarakt hastalarında beklenenin üzerinde bir sıklıkla görülmektedir. Literatür verilerine göre katarakt hastalarında 1.25 D. ve üzerinde kornea astigmatizması %20-30 aralığında görülmekte, 2.0 D. ve üzerinde de %10 oranlarına ulaşmaktadır¹⁻².

Kornea astigmatizmasının katarakt ameliyatı sırasında azaltılmasına yönelik olarak; ana katarakt kesisinin dik kornea aksından yapılması, limbal veya periferal gevşetici kesiler, karşı kadrandan kornea kesileri türü sonuçları kanıtlanmış yaklaşımlar varken, tamamen nötralize edilmesine yönelik olarak kullanılacak tek yöntem ise torik göz içi lens (GİL) uygulamasıdır.

İlk torik GİL Shimizu tarafından 1992'de tasarlanmış ve uygulanmıştır³. Uygulanan ilk lens üç parçalı bir PMMA lensi olup, 5.7 mm. den implante edilmiştir. Düzeltilmiş uzak görme keskinliği (DUGK) sonuçları kabul edilebilir düzeyde olsa da ameliyat sonrası dönemde 30 derece ve üzeri rotasyon %20, 10 derece ve üzeri rotasyon %50 oranında gerçekleşmiştir. Kisaca ilk uygulama ile karşılaşılan önemli sorun, lensin rotasyon yapması sonucu astigmat düzeltici etkisinin azalması olmuştur. İlk katlanabilir torik GİL 1994'de silikon materyalden üretilmiş ve 3.2 mm. kesiden implante edilebilmiştir⁴. Bu lenslerle tatminkar DUGK sonuçları alınmış olsa da rotasyon yine önemli bir problem olmaya devam etmiştir ve 10 derece ve üzeri rotasyon %20-30 oranlarında bildirilmeye devam etmiştir⁵⁻⁷. Buna karşın yine de Staar firmasının AA4203 model silikon plate haptik torik GİL'i Kasım 1998'de ilk FDA onayı alan torik lens olmuştur.

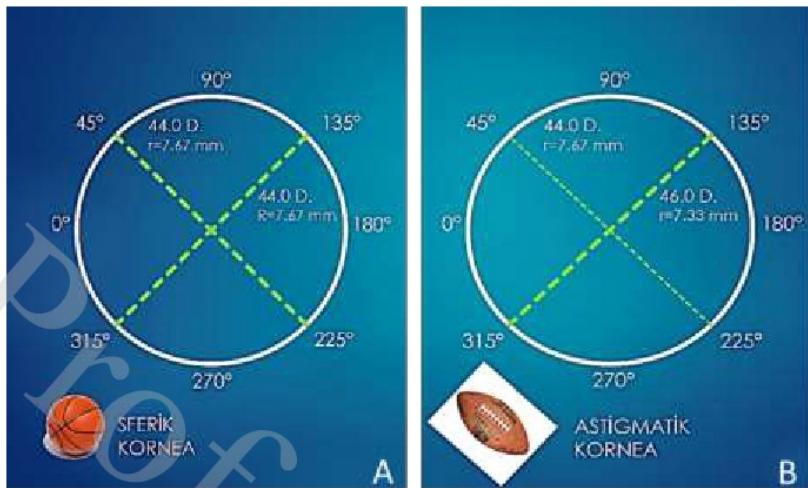
Sonraki gelişmeler genellikle ameliyet sonrası rotasyon problemini azaltmaya yönelik tasarım ve materyal gelişmeleri ile ilgilidir. Bu dönemde, 2008 yılından itibaren Alcon firmasının tek parçalı Acrysof toric lensleri ile rotasyon miktarının ortalama 4 derecenin altına indiğini bildiren bir çok yayın önemli bir gelişmeyi haber vermiştir^{8,9}.

Bu kitap bölümünde kornea astigmatizması düzeltilmesinde torik GİL uygulamaları ile ilgili izlenecek yollar, teorik ve pratik bilgilendirmeler verilmeye çalışılacaktır.

Astigmatizma Hakkında Genel Bilgiler:

Astigmatizma Nedir?

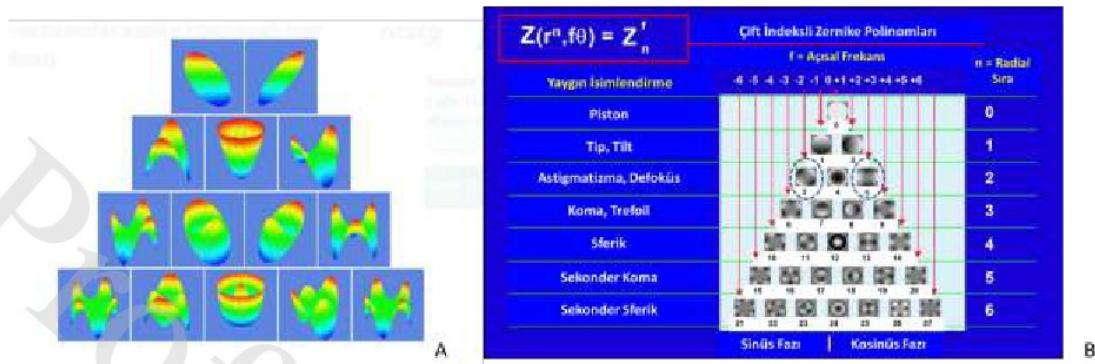
Astigmatizma, gözün ana kırcı yapıları olan kornea ve lensin her yöndeki eğimlerinin eşitsizliği nedeniyle ortaya çıkan bir karma kusuru veya bir başka deyişle aberasyondur. Kornea yüzeyi de lens yüzeyi de küreselliğten saptıkça asferik diye tabir edilen eliptik yüzey haline gelirler ki iki ana meridyenlerinin kurvatür yarıçapları farklı hale dönüşür. Bu değişimi küresel yüzeyi olan bir basketbol topu ile iki ana meridyeni farklı yarıçaplarda olan Amerikan futbol topu arasındaki farka benzetur (Resim 1 A ve 1B). Astigmatlı bir yüzeye kırılacak ışığın oluşturacağı odak retina yüzeyinde artık bir nokta halinde değil uzamış, çizgisel hal almış bir odak haline dönüşecek bunu örnekleyecek retina fotoresptör hücreleri yeterince kaliteli bir örnekleme yapamayacaklardır. Sonuç azalmış bir görme kalitesidir.



Resim 1: 1A: Ana kornea meridyenlerinin eşit kurvatür yarıçaplarına dolayısı ile eşit kırmızı güçlerine sahip olduğunu gösteren astigmatsız kornea örneği, 1B: Ana kornea meridyenlerinin eşit olmayan kurvatür yarıçaplarına dolayısı ile farklı kırmızı güçlerine sahip olduğu astigmatlı kornea örneği

Gözün içine giren ışınların normal yollarından ya da fiziksel gidiş karakterlerinden sapmalarına aberasyon denir. Aberasyon kelimesi Latince kökenli sapma veya yoldan çıkma manasına gelen “ab-erratio” kelimesinden gelir. Aberasyon ismini verdigimiz ışığın göz içinde yol alırken gösterdiği sapma ya da kusurlar çok sayıda olmakla birlikte astigmatizma bunların en önemlilerinden biridir. Aberasyonu gözümüzün önüne getirmek için şu örneksel anlatımı kullanabiliriz. Son derece şeffaf, temiz bir su ile dolu çırıntısız bir havuza bir taş atıldığını düşünelim. Taşın etrafında oluşacak halkalar 360 derece her yöne eşit hızda ve eşit büyüklükte dalgalar halinde yayılacaklardır. Esasında biz ortaya çıkan dalgaların sadece suyun yüzeyindeki halini görsek de gerçekte olay üç boyutlu olup suyun derinine doğru da aynı halkalar olacaktır. Bir noktada zamanı durdurup oluşan dalgaların yüzeyini görüntüleyebilesek karşımıza sferik bir şekil çıkacaktır. Bu kusursuz waveformdan (dalga yüzeyi ya da cephesi) başka bir şey değildir. Aynı deneyi bu sefer suyun bir kısmına zeytinyağı dökülmüş homojen olmayan başka bir ortamda tekrarlarsak, oluşan dalgaların suyun zeytinyağlı bölümünü geldiği zaman geçictiğini sferik ilerleyen dalgaların artık sferik bir hal arz etmemip bir kısmının ileri gittiği bir kısmının geride kaldığı ondülere bir görünüm kazandığını görürüz. Yine zamanı bir noktada durdurup dalga yüzeyini incelersek artık sferik bir yüzeye değil dalgalı kusurlu bir yüzeye sahip olduğunu görürüz. İşte bu kusurlu yüzeye aberasyon demekteyiz. İşık da göz içinde seyrederken retinaya ulaşmadan önce mükemmel olmayan göz ortamı içinde çeşitli sapmalara uğrar, bu sapmalarn kaynağı kornea, hümör aköz, lens ve vitreus olabilir. Bilim bir yüzeyin matematiksel tanımını yapmayı dolayısı ile aberasyonları ifade etmemi çok uzun yıllar önce başarmıştır. Bu tanımlama 200 yılı aşkın süredir x'in, y'nin, z'nin trigonometrik hesaplanan fonksiyonu olarak 2 veya 3 boyutlu yapılmaktadır. Aberasyonları Fourier ve Zernike polinomları ile gösterebilimekteyiz. Esasında Fourier sistemi Zernike'ye göre daha hızlı ve daha detaylı sonuç veriyor olsa da Zernike polinomu üç boyutlu görsel anlatımıyla oftalmologların anaması açısından daha kolay ve kullanışlıdır (Resim 2A). Zernike polinomunda bir aberasyon radial sıralamada ne kadar yukarıda ve ne kadar merkezde ise o denli görme keskinliği ve kalitesini bozucu etkiye sahiptir. 0, 1 ve 2. sıralar düşük

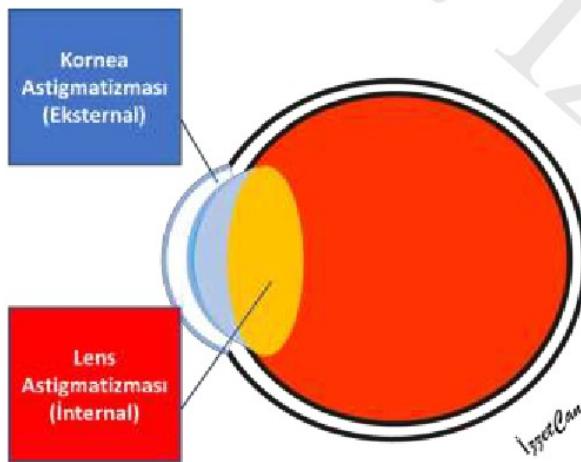
sıralı aberasyonları ifade etmektedir. Resim 2B'de görüldüğü gibi astigmatizma 2. sırada yer almaktır ve görme üzerindeki olumsuz etkileri açısından büyük bir önem arz etmektedir.



Resim 2: Zernike polimomu görselleri: 2A: üç boyutlu anlatım, 2B: iki boyutlu anlatımda astigmatizmanın ikinci sırada (düşük sıralı aberasyonlar içinde) 3 ve 5 no'lu konumlarındaki yeri

Astigmatizmanın Kaynağı

Gözde astigmatizmanın iki temel kaynağı vardır 1) Kornea (= eksternal astigmatizma) 2) Lens (= internal astigmatizma). Bu iki astigmatizmanın toplamıyla gözün toplam astigmatizması (=refraktif astigmatizma) ortaya çıkar (Resim 3). Toplam astigmatizma bizler gözlük veya kontakt lens reçete ederken kullandığımız astigmatizmadır.



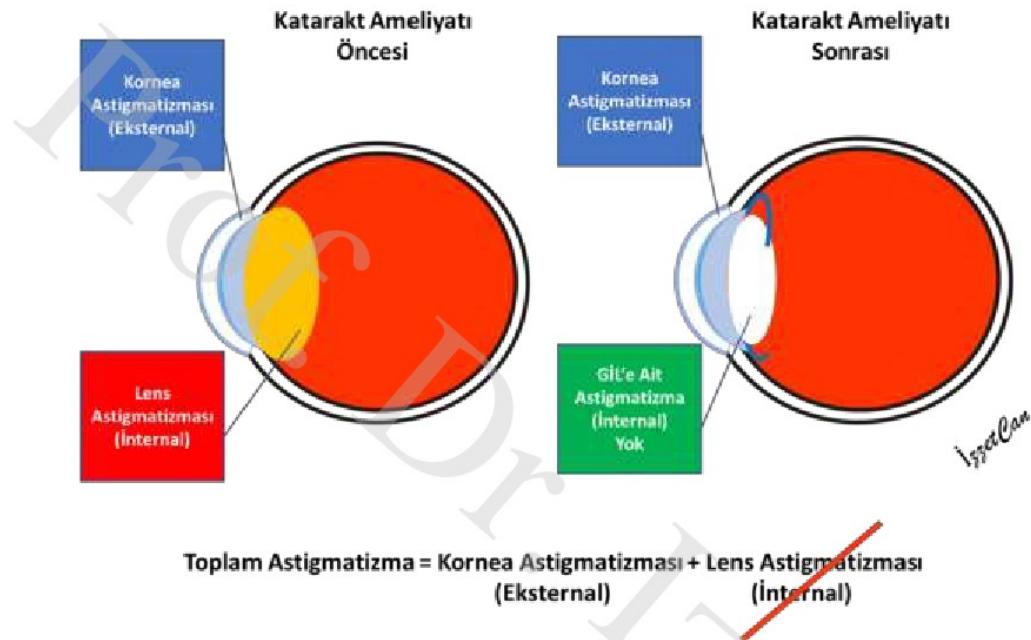
$$\text{Toplam Astigmatizma} = \text{Kornea Astigmatızması} + \text{Lens Astigmatızması}$$

(Eksternal) (Internal)

Resim 3: Gözde astigmatizmanın başlıca kaynakları

Kornea astigmatızmasının da ön kornea ve arka kornea astigmatizması şeklinde iki alt grubun toplamından olduğunu unutmamamız gereklidir. Katarakt ameliyatı yaptığımızda hastanın kristal lensini

değiştireceğimizden ameliyat öncesi yapacağımız hesaplamlarda toplam (=refraktif) astigmatizmanın bir önemi kalmayacaktır. Ameliyat sonrası elimizde kalacak olan sadece kornea astigmatizması olacağından torik GİL kullanacağımız ameliyatlar öncesinde yalnızca kornea astigmatizmasını değerlendirmek doğru yaklaşım olacaktır (Resim 4). Kisaca torik GİL'i ameliyat öncesi lentiküler astigmatizma ya da toplam astigmatizma bizi ilgilendirmemelidir (Resim 5).



Resim 4: Monofokal lensle yapılmış katarakt ameliyatı sonrasında toplam astigmatizmanın geriye kalan tek kaynağı kornea astigmatizmasıdır.



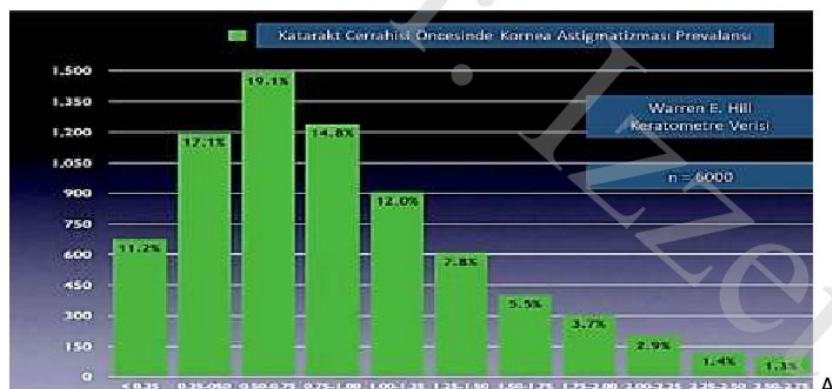
Resim 5: Bu otorefraktometre çıktısı örneğinde sağ gözde $-1.00 \times 154^\circ$ D. olarak görülen toplam astigmatizma gözlük ya da kontakt lens verilirken kullanılabilir ancak torik GİL hesaplamasında kullanmamız gereken değer $-1.50 \times 163^\circ$ D. olan kornea astigmatizması olmalıdır.

Kornea Astigmatizmasının Toplumda ve Katarakt Hastalarında Görülme Sıklığı

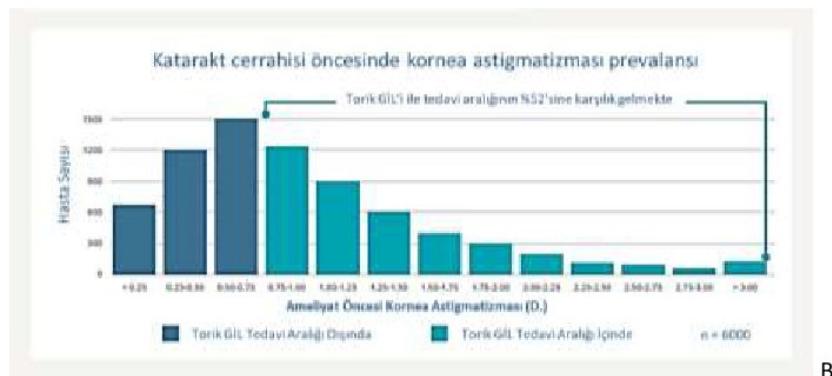
Hoffmann ve Hütz'ün ortanca değeri 74 yaş olan Alman hasta grubunda, 23239 gözde yaptıkları 2010 tarihli geniş kapsamlı çalışmalarında, kornea astigmatizması tüm hastaların %73.7'sinde 0.50 D. ve üzerinde, %36.0'inde 1.00 D. ve üzerinde, %16.6'sında 1.50 D. ve üzerinde, %8.1'inde 2.00 D. ve üzerinde, %4.4'ünde 2.5 D. ve üzerinde, %2.65'inde 3.0 D. ve üzerinde bulunmuştur².

Katarakt ameliyatları öncesinde katarakt hasta grubunda yapılan çalışmalar da benzer verileri sunmaktadır. Ferrer-Blasco ve ark.larının 2009 tarihli yayınları¹, İspanyol katarakt hastalarında, ortalama 60.59 yaş grubundaki 4540 gözde, 0.25-1.25 D. arası kornea astigmatizmasının %64.4, 1.50 D. ve üzeri değerlerin ise %22.2 oranında görüldüğü bildirilmiştir.

Warren Hill'in 6000 katarakt hastasında yaptığı ve kendi sitesinde bulunan çalışma ameliyat öncesi kornea astigmatizması oranlarını 1.00 D. ve üzeri için %37.7, 1.50 D. ve üzeri için %17.7 olarak vermektedir (Resim 6A) ve torik göz içi lensi ile düzeltilecek katarakt hastası oranının da en az %52 olduğuna işaret etmektedir (Resim 6B).



A



B

Resim 6: 6A: Warren E. Hill'in 6000 olguluk katarakt ameliyatı öncesi kornea astigmatizması dağılımı grafiği (http://www.doctor-hill.com/iol-main/astigmatism_chart.htm) ve 6B: Ne kadarının torik GİL tedavi aralığında oldabileceğini gösterir grafik

Kornea Astigmatizmasının Ölçümü:

Ölçüm Yöntemleri

Korneanın bir meridyeninden diğer meridyenine dioptrik güçteki farklılığı, bir başka anlatımla düz meridyen ile dik meridyen arasındaki kirıcı güç farklılığını ifade eden astigmatizma, esasında sadece büyülü (dioptrik güç) değil aynı zamanda yönü de (aks) olan bir vektördür. Meridyenler ortogonal prensiple birbirine dik konumda ve simetrik düzende olduklarında buna düzenli astigmatizma denir. Korneanın ön yüzeyinde büyülü ve aks ölçümü keratometrelerle yapılır. Keratometrenin yaptığı esasında korneanın belli noktalarında kurvatür yarıçapını ölçmekten ibarettir. Keratometre kurvatür yarıçapını $R = (2dy) / h$ formulu ile ölçer. Burada R = yarıçap (radius), d = kirıcı yüzeyle (kornea) obje arası mesafe, y = imaj büyülü ve h = obje büyülüğidir.

Daha sonra elde edilen kurvatür yarıçapı üzerinden korneanın kırma indeksi (gelen ışığı bükebilme gücü) kullanılarak karşılık gelen dioptrik gücü $D = n_2 - n_1 / r$ formülü ile hesaplanır.

n_1 = havanın kırma indeksi (1.0)

n_2 = kornea kırma indeksi (1.3375)

r = kurvatür yarıçapı (m.)'dır.

Bir örnekle anlatacak olursak, 7.5 mm. (=0.0075 m) kurvatür yarıçaplı kornea noktasının dioptrik gücü

$D = 1.3375 - 1.0 / 0.0075$

$D = 45.0$ D. olarak bulunacaktır.*

(Not: Formül sıfırların atılması ile $D = 337.5/r$ olarak da verilebilir ya da dioptriden kurvatür yarıçapını bulmak için $r = 337.5/D$ olarak da kullanılabilir)

İlk oftalmometre (=keratometre) Hermann von Helmholtz tarafından 1853'de bulunmuştur, 2.8-4.00 mm. lik zonda 2 noktası ölçer. Tek pozisyonlu bu cihazda imaj ayarlanabilir durumdadır, muayene eden kişi daire şekilli mırılderin yanındaki artı ve eksı işaretlerini birleştirerek ölçüm yapar. Bu prensiple çalışan iki temel keratometreden digeri Javal-Schiotz cihazıdır. 1881'de geliştirilmiştir. İki pozisyonlu bu cihazda

* Buradaki sorun korneanın kırma indeksi (K_i) 1.3375'in doğru olup olmadığıdır. Bilindiği gibi K_i havadan gelen ışığın kornea ortamından geçtiğinde ortaya çıkan bükülme oranını belirler. K_i ne kadar yüksek ise ışık o kadar bükülür, daha önde odak yapar ve özetle daha yüksek bir dioptrik güçe karşılık gelir. Kornea K_i bazı çalışmalarda 1.3320 olarak gösterilirken (örneğin Lenstar cihazı bunu esas alabilir), Olsen'in şematik Gullstrand göz modeline göre önerdiği kornea K_i 'i 1.3315'dir. Buna göre 1.3375 ile 7.5 mm'lik K değeri 45.0 D. ye karşılık gelmişken, 1.3320 de 44.30 D. olur. Bu durum yapılan ölçümler ile ilgili olası bir hata kaynağı olarak kabul edilebilir.

obje büyülüyü ayarlanabilir. Uygulayıcı kırmızı bir kare ve yeşil merdiven görünümlü mirleri karşılıklı getirerek ölçümü yapar. 1932'de Bausch & Lomb (Rochester, NY, USA) cihazı modifiye etmiştir.

Günümüzde hala kullanılan bu cihazlar, normal aralıkta kurvatürleri olan düzenli kornealarda doğru ve güvenli ölçüm veren cihazlardır. Dezavantajları; korneanın küçük bir parçasını merkezde mi periferde mi bilgi vermeksinin ölçmeleri, santral ölçümde perifer korneayı ihmali etmeleri, korneayı simetrik sferosilendirik şekilli kabul ederek çalışmalarıdır ki bu bazı durumlarda özellikle keratorefraktif cerrahi geçirmiş hastalarda önemli bir hata kaynağı olabilmektedir. Odaklama ve karşılıklı gelmeye hatalarına karşı duyarlı cihazlardır. Düzensiz kornealarda mirlerin distorsiyona uğraması ölçüm doğruluğunu azaltmaktadır. Ancak düzensiz astigmatizma tanısında da yararlı olmaktadır.

Günümüzde keratometrik ölçümlerde belki de en yaygın kullanılan cihazlar, otorefraktörlerdir. (=otokeratometre). Bu cihazlar Scheiner double-pinhole prensibi ile çalışırlar. İki infrared ışık küçük bir apertürden retinaya yönlendirilir, yansıyan imaj bir fotodetektör ile yakalanır. Apertürün konumu hareket ettirilerek imaj odağında değişiklikler yaratılır ve en keskin imajın alındığı pozisyon kırma kusurunu verir. Aydınlatılma rotasyonu ve elektronik algılama sistemlerinin eşleştirilmesi ile farklı meridyenler ölçülmüş olur¹⁰. Genellikle bu cihazlar 2 ana meridyen üzerinde 3.00 mm. çaplı alanda 4 noktada ölçüm yaparlar.

Keratoskopi veya plasido disk topografi, 1880'de Portekizli oftalmolog Antonio Placido da Costa tarafından icad edilmiştir. Keratoskop vasıtıyla gönderilen bir kaç yüksek kontrastlı iç içe geçmiş halka görüntüsünün kornea yüzeyinden yansımmasına ve bunun kornea kurvatürlerini değerlendirmesine dayalı bir yöntemdir. Keratometriden farklı olarak ve merkezi 4.0 mm'de kantitatif değerlendirme sağlar, daha geniş kornea için kalitatif bir yararı vardır. Daha sonra bu sistem 1896'da Allvar Gullstrand tarafından oftalmaskopa entegre edilmiş ve korneanın manuel olarak kurvatür fotoğrafmasını imkanlı hale gelmiştir. 1980'lerden itibaren projekte edilmiş imaj fotoğrafları bilgisayarlarla analiz edilmeye başlamış ve kornea topografisi çağrı başlamıştır. Sistem, videokeratografi (VKG) ismini almıştır. Plasido bazlı kornea topografilerinin aksiyel haritalarında, her noktadaki kornea kurvatürü görsel aksa göre göreceli olarak gösterilmektedir. Dioptrik güç, mm. olarak her noktadaki kurvatürle ters orantılıdır ($K=1/r$). Yani yarıçap küçüldükçe dioptrik güç artmaktadır. Aksiyel haritalar merkezi 1-2 mm. korneayı sağlıklı değerlendirdirlerken, perifer korneanın gerçek şeklini ve gücünü vermekte başarısız kalırlar. Sferik bir yüzey ön kabulu ile çalışan ve bu nedenle hata payı olan aksiyel haritalar, lokal ve anlık değişimleri gösteren perifer korneayı daha iyi tanımlayan tanjansiyel haritalar ve referans sfere göre yükseklikleri gösteren elevasyon haritaları ile zenginleştirilmişlerdir.

Kornea topografileri, testten teste değişkenlik gösterebilmeleri, odaklama hatalarına karşı duyarlılıklarını, gözyaşı durumundan fazlası ile etkilenebilmeleri, distorsyonları ve korneada sınırlı alanları değerlendirmeleri nedeniyle dezavantajlara sahiptirler, buna karşın keratokonus gibi torik lens cerrahisinde kontrendikasyon nedeni olabilecek düzensiz astigmatizmaların tanımlanması açısından önem arz ederler.

Kornea tomografileri: Plasido disk bazlı topografiler sadece kornea ön yüzeyi kurvatürünü ve buradan hesaplayarak dioptrik gücü bulurlarken, kornea tomografileri korneanın 3 boyutlu görüntüsünü sağlayarak ön ve arka kornea yüzey kurvatürlerini, kornea kalınlığını ve ön kamara derinliğini ölçer hatta iris ve lens hakkında da bilgi verirler. Tomografiler çalışma prensiplerine göre slit-tarayıcı sistemler, Scheimpflug kamera sistemleri, OKT bazlı sistemler ve Wavefront ölçüm sistemleri olarak sınıflandırılabilirler. Burada kornea gücü hesaplanırken elevasyondan kurvatüre sonra da tüm güce,

gerçek kornea indeksi olan kornea için 1.376 ve aköz için 1.3365 kullanılarak ulaşılır. Topograflerde ise yukarıda anlatıldığı gibi kurvatürden dioptrik gücü kornea kırmış indeksini 1.376 yerine 1.375 ile çarpılması ile ya da Avrupa yaklaşımlarında 1.3320 çarpılması ile çevirirler.

Topografi sonrası süreçte VKG'ler slit tarama (scanning) teknolojisi ile daha da geliştirilmişlerdir. Orbscan (Bausch & Lomb) 9600 noktada ölçümle kornea yüzeyinin elevasyonunu sağlamıştır. Orbscan II ile 3.0-3.2 mm. zondan ölçüm yapmaktadır. Yine slit tarama ve plasido disk kombinasyonu sağlayan bu cihazla her ne kadar arka kornea kurvatürünü normalden fazla ölçüse de ilk defa arka yüzey elevasyon haritası ortaya konmuştur. 2000'li yıllarda birlikte bu alanda önemli gelişmeler olmaya devam etmiş, sırasıyla oküler koherens tomografi (OCT) ve Scheimpflug fotoğrafı sistemleri devreye girmiştir.

Avusturyalı Theodor Scheimpflug tarafından hava fotoğrafçılığında perspektif distorsiyonu ortadan kaldırmak için geliştirilen Scheimpflug görüntüsü, mercek düzlemi görüntü düzlemine paralel olmadığından çekilen bir görüntüyü ifade etmektedir. Bu normal bir kamera ile yapıldığında sadece imajın küçük bir parçası odak içinde kalmaktayken, aynı prensiple korneanın birden çok fotoğrafını farklı planlarda çektiğinizde ve bilgisayar teknolojisi ile bunları birleştirip yeniden yapılandırdığınızda kornea yüzeylerinin kurvatürleri hakkında önemli derecede bilgi sağlanabilinmektedir. Pentacam (Oculus, Wetzlar, Germany) ve Galilei (Ziemer, Port, Switzerland) Scheimpflug prensibi kullanarak ön kamaranın ve korneanın yüksek çözünürlüklü görüntülerini sağlayan cihazlar olmuşlardır. Pentacam'ın rotasyonel Scheimpflug kamarası farklı planlardan 2 saniyede 50 imaj alabilmektedir. Bu cihazdaki ikinci sabit bir kamera ise küçük göz hareketlerini kalibre etmek için kullanılmaktadır. Sonuçta 25000 yükseklik noktası ile topografik harita elde edilmektedir. Galilei cihazında, entegre edilmiş plasido disk topografisi merkezi ön kornea kurvatürlerinin doğruluğunu artırıcı bir özellik sağlamaktadır. Her iki cihaz da slit-tarama teknolojilerine kıyasla çok iyi tekrarlanabilirlik ve kullanıcılar arası uyumluluk sonuçları elde edilmiştir^{11,12}. Scheimpflug sistemler korneada ön kurvatürü, kornea kalınlığını, ön kamara derinliğini, tüm ön ve arka kornea yüzeyinin elevasyonunu ve pupil çapını ölçebilmekte ve keratokonus tanısında kullanılabilmektedirler. Scheimpflug ve plasido disk sistemi kombinasyonu sağlayan bir diğer cihaz ise Sirius (CSO, Firenze, Italy)'dur.

Wavefront aberometreler gözden gelen wavefront'un yakalanıp analiz edilmesine dayanır. Bu iş en yaygın olarak çıkan ışığın yansıması prensibi ile çalışan Hartmann-Shack sensörleri ile yapılır. Ortaya çıkan nokta modelleri Zernike katsayıları kullanılarak sonsuz polinom serilerine matematiksel olarak dökülmektedir.

Aberometreleri ölçüm yöntemlerine göre şu şekilde sınıflayabiliriz. a) Çıkış wavefrontu ölçen cihazlar b) Retinal görüntüleme aberometreleri (Tscherning prensibi) c) Oküler aberasyonu nötralize etmek için gerekli giriş wavefrontu ölçen cihazlar (Scheiner prensibi).

Oküler wavefront'u değerlendirmede alternatif bir sistem ray tracing'dır. iTrace system (Tracey Tech, Houston, TX, USA) ince bir lazer ışığını pupilden görüş açısı boyunca projekte eder. ışığın retinaya ulaştığı noktadan geri dönen ışığın saçılımı yakalanarak ölçüm ve analiz yapılır. Bu süreç 256 ayrı noktada 400 msn. de bir tekrarlanır. Bu plasido disk topografi ile kombine edilerek kornea aberasyonları toplam aberasyonlardan çıkarılarak internal aberasyonlar ölçülür.

OPD-Scan II (Nidek Co Ltd, Gamagori, Japan) wavefront aberometri için dinamik skiaskopı prensiplerini kullanır ve bu sayede kornea topografisi ve oküler wavefront analizi sağlar.

Bunun dışında intraoperatif astigmatizma değerlendirmesi sağlayan intraoperatif aberometreler kullanılabilmektedir. Optiwave Refractive Analysis (ORA) and the Holos IntraOp. bu alanda ameliyat mikroskopuna bağlanarak kullanılan 2 cihazdır. ORange (WaveTec Vision Systems, Aliso Viejo, CA, USA) cihazında, Talbot-moire interferometri wavefront aberometriye eklenecek şekilde kullanılmıştır. Torik GİL implantasyonunda gerçek zamanlı olarak lensin istenen aks üzerine konulmasında işe yaramaktadır.

Katarakt cerrahisi öncesinde günümüzde keratometrik ölçümler için en çok kullanılan yöntemlerden biri de aynı zamanda aksiyel uzunluk (AU) ve diğer bazı parametreleri de ölçen, GİL gücü hesaplayan biyometri cihazlarıdır. Bunlarda keratometri, esasında otokeratometri prensipleri ile sağlanmaktadır. Parsiyel Koherens Interferometri (PKİ) ile çalışan IOLMaster 500 (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany) bunların ilkidir. Cihaz A-scan teknolojisi ile çalışmaktadır. Aletin otokeratometre özelliği, 2.5 mm. çaplı ön kornea alanından 6 yansımının ölçülmesine dayanmaktadır. A-scan teknolojisi ile çalışan diğer bir cihaz Optik Düşük Koherensli Reflektometri (ODKR) bazlı Lenstar LS 900'dür (Haag-Streit AG, Koniz, Switzerland), 2.3 mm ve 1.65 mm çaplı iki konsantrik halka üzerinde konumlandırılmış 32 noktada dörter ölçüle toplam 128 noktadan ölçüm yapmaktadır. A-scan çalışan diğer cihazlar; Aladdin (Topcon), OA-2000 (Tomey), AL-Scan (Nidek), and Galilei G6 (Ziemer)'dır. IOLMaster 700 ise swept-source OKT bazlı ilk biyometridir. A-scan yerine B-scan kullanmak suretiyle biyometrik ölçümlerini yapar. Ancak keratometrik ölçümler için IOLMaster 500'de olduğu gibi IOLMaster 700'de de "Uzak Bağımsız Telesentrik Keratometri Sistemi" kullanmaktadır. Sadece ölçüm 6 yerine daha fazla noktadan yapılmaktadır.

Cihazlar Arasındaki Farklılıklar ve Farklı Ölçümler Karşısındaki Yaklaşımalar

Torik lens uygulamaları öncesinde korneayı değerlendirmek için kullanılabilen cihazları şu şekilde sıralayabiliriz.

- Manuel keratometreler
- Otokeratometreler
 - Otorefraktörler
 - Optik biyometri cihazlarına entegre otokeratometreler
- Topografi cihazları
 - Videokeratoskoplar veya Plasido disk bazlı sistemler
 - Grid yansımı teknolojisi bazlı sistemler
- Tomografi cihazları
 - Slit-tarama cihazları
 - Scheimpflug kamera kullanan cihazlar
 - OKT bazlı cihazlar
 - Wavefront cihazları

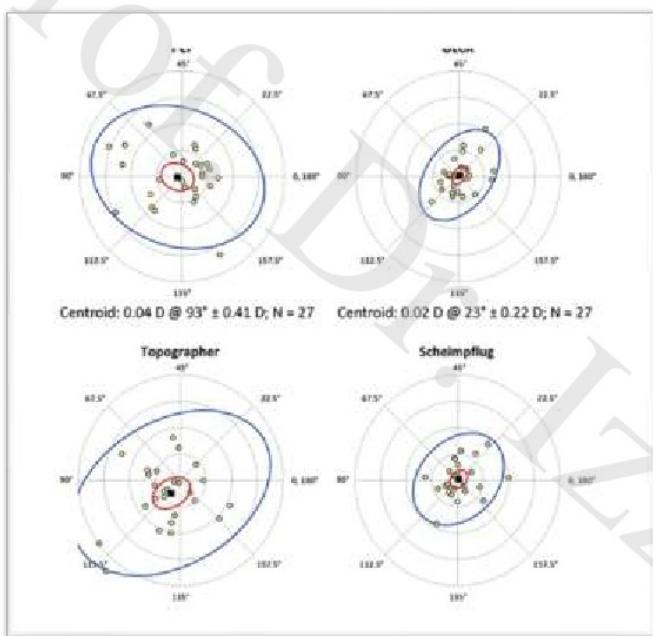
Özellikle torik GİL cerrahisinde keratometrik ölçümler kritik öneme sahiptirler çünkü bu ölçümdeki hatalar ameliyat sonrası refraktif sonuçlara 1:1 etkilidirler. Bu keratometredeki 1.0 D.'lık hatanın ameliyat sonrası 1.0 D.'lik refraktif hata ile sonuçlanacağı anlamına gelmektedir. Ameliyat öncesi ne kadar çok yöntem ölçüm yapılır ve kıyaslama sağlanır ise başarı oranının da aynı oranda artacağı rahatlıkla söylenebilir.

Cerrahın en çok zorlandığı durumlardan biri farklı cihazlarla farklı ölçümlerin ortaya çıkmasıdır. Ölçümler gerek güç gerek aks yönünden farklılıklar gösterebilirler.



Farklı ölçümler, cihazların kornea üzerinde ölçüm yaptıkları alan farklılıklarından, oküler dış yüzeyin gözyaşının ve korneanın patolojik durumlarından, geçirilmiş keratorefraktif cerrahilerin etkileri nedenleriyle ortaya çıkabilirler.

Örneğin manuel ve otokeratometreler: 3.0 -3.2 mm, topografiler: 3.0 mm, IOLMaster 500: 2.5 mm, Lenstar: 1.6 ve 2.3 mm., Pentacam 3.0 mm. çaplı zonlarda ölçüm yapmaktadır. Bilindiği gibi kornea prolate şekli dolayısı ile perifere doğru daha düz hale gelmekte ya da başka anlatımla daha büyük kurvatür yarıçapı göstermektedir. Bu nedenle en geniş çaplı ölçüm yapan ön segment OKT'ler muhtemelen ilerde en sağlıklı ölçüm yapan cihazlar olarak ortaya çıkmaktadırlar. Resim 7, Abulafia ve ark.larının 27 normal olguda 4 ayrı cihazla yapılan ölçümlerde ortaya çıkan farklılıklar çift açılı grafikle göstermektedir¹³.



Resim 7: Parsiyel koherens interferometri, optik düşük koherensli reflektometri, topografi ve Scheimpflug görüntüleme sistemleri ile kornea astigmatizması ölçümlerinde ortaya çıkan farklılıkların 27 normal olgudaki centroid değerleri ve çift açılı grafikle görünümü (Abulafia A. et. al. Editorial. JCRS 2018; 44: 1169-1173.)

Ortaya çıkan cihazlar arası farklılıklarda keratometrik ölçümler öncesinde en başta topikal anestezikler olmak üzere göz damlalarının kullanımı, hastanın son dönemde kontakt lens kullanıyor olması da rol oynayabilir. Önemli farklılıklar ortaya çıktığında kapak ve gözyaşı sorunlarının çözülmesini takiben ortalama 15 gün sonra ölçümlerin tekrarlanması en uygun yaklaşım olacaktır.

Birbirine yakın sonuçlarda ölçümler arasında hangisine daha fazla güvenileceği konusunda öncelik sıralaması Tablo 1'de olduğu gibi olmalıdır.

Tablo 1: Keratometrik ölçümler konusunda astigmatizmanın güç ve aksına yönelik güvenilirlik sırası

Önem Sırası	Büyüklük (Dioptrik Güç)	Meridyen (Aks)
1	Manuel keratometre	Otokeratometre
2	Otokeratometre	Non-kontakt optik biyometre
3	Non-kontakt optik biyometre	Topografi
4	Topografi	Manuel keratometre

Keratometrik ölçümelerde cihaz güvenliklerini araştıran erken çalışmalar manuel keratometrelerle otokeratometreler karşılaştırıldığında manuel keratometrelerin altın standart olduğuna hükmetmişlerdir¹⁴. Takip eden çalışmalar farklı olarak bu iki cihazın birbirine uygun sonuçlar verdiği yönünde değişiklik göstermiştir¹⁵. Bu değişimde muhtemelen otokeratometrelerle ilgili teknolojik gelişimin rolü olmuştur. Lenstar LS 900 cihazında kullanılan dual-zon otokeratometre ile manuel keratometre Hill ve ark.larınca postoperatif torik GİL sonuçları ele alınarak karşılaştırılmış rezidüel astigmatizma değerleri için bir farklılık bulunmamıştır¹⁶. Bir başka çalışmada ise IOLMaster 500 otokeratometresi ile Pentacam (1.17r24 versiyonu) karşılaştırılmış, burada 3 mm. den ölüm yapan anterior korneal güç (AKG) ve ön ve arka korneayı özen gerçek net (=true-net power) korneal güç (TKG) kullanılmış, katarakt ameliyatlarının 6. ayında açı ve büyülü hataları bulunarak hangi ameliyat öncesi metodun daha az hata verdienen bakılmıştır¹⁷. Çalışma verilerine göre IOLMaster'ın otokeratometresi en düşük hatayı vermiş, bunu sırasıyla Pentacam'ın AKG ve TKP ölçümleri takip etmiştir. Yine 2012'de yayınlanan bir başka çalışmada manuel keratometre (Topcon), otokeratometre (Canon), IOLMaster 500 (Carl Zeiss) otokeratometresi, Orbscan II topografi (Bausch & Lomb) ve Pentacam (Oculus) rotasyonel scheimpflug sistemleri karşılaştırılmıştır¹⁸. Dört ölçümden birbiri ile uyumlu sonuçlar alınırken kornea topografisinin anlamlı derecede farklılıklar gösterdiği görülmüştür. Çalışmayı özetleyen hata oranları Tablo 2'de verilmiştir. İstatistikî anlamı olmasa da Pentacam en uyumsuz sonucu veren ikinci cihazdır. Nitekim daha öncesinde Savini ve ark.¹⁹ ve Schammas ve ark.ları²⁰ otokeratometrelere göre Pentacam ile daha az doğru sonuçlar elde edildiğini bildirmiştir.

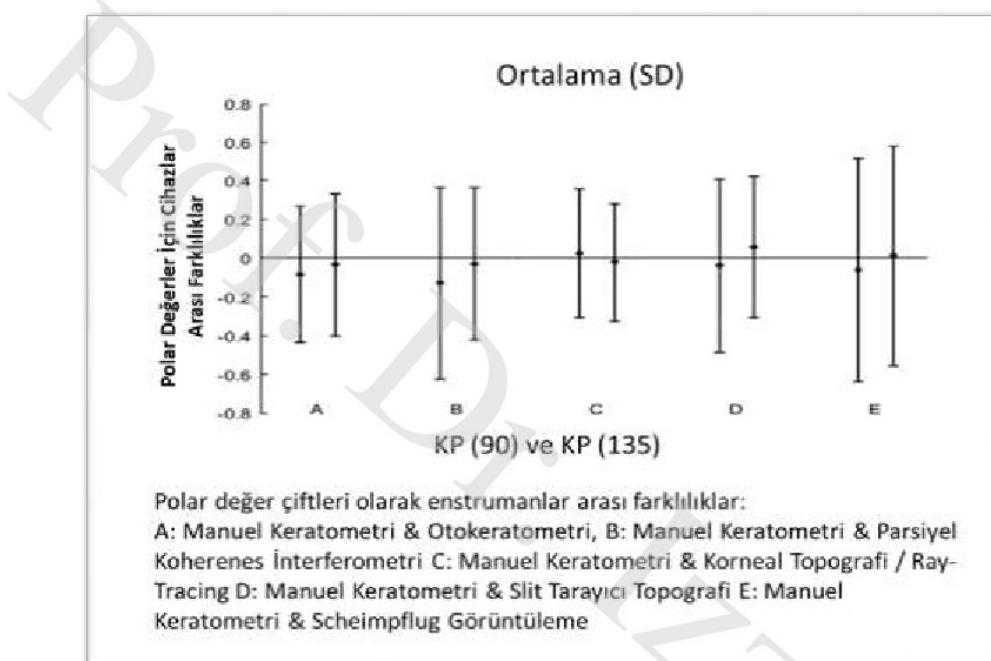
Tablo 2: Beş cihazın karşılaştırmalı ortalama hata (OH) ve ortalama absolu hata (OAH) tablosu (Whang WJ, ve ark. Comparison of refractive outcomes using five devices for the assessment of preoperative corneal power. Clin Exp Ophthalmol 2012; 40:425-432.)

Cihazlar Arası Kyaslama	OH P Değeri †	OAH P Değeri †
Manuel Keratometre & Otokeratometre	0.812	0.981
IOL Master & Otokeratometre	0.462	0.731
IOL Master & Manuel Keratometre	0.943	0.719
Pentacam & Otokeratometre	0.440	0.226
Pentacam & IOLMaster	0.643	0.217
Pentacam & Manuel Keratometre	0.532	0.208
Kornea Topografisi & Otokeratometre	0.705	0.005
Kornea Topografisi & Pentacam	0.883	0.043
Kornea Topografisi & IOLMaster	0.754	0.001
Kornea Topografisi & Manuel Keratometre	0.844	0.003

† Paired t-testi, Wilcoxon signed-rank test.

Lee ve ark.ları, Manuel keratometre ölçümelerini standart alarak bunu, otokeratometre, parsiyel koherens interferometre (IOLMaster) ve 3 ayrı topografi sistemi; topografi-ray tracing aberometre

(iTrace), slit- tarayıcı topografi (Orbscan) ve Scheimpflug görüntüleme (Pentacam) sistemleriyle kıyaslamışlardır²¹. Çalışmada alınan sonuçlar vektör analizi yapılarak 90 ve 130 derecedeki polar değerlere çevrilmişlerdir. Resim 8, manuel keratometreye göre alınan sonuçları göstermektedir. Buna göre tüm cihazlar manuel keratometre ile istatistikî anlamda uyumlu sonuçlar vermekle birlikte en yakın sonuçların kornea topografi-ray tracing aberometre kombinasyonu olan iTrace (Tracey Technologies) cihazı ile alındığı görülmüştür.



Resim 8: Manuel keratometri referans esas alınarak 5 diğer cihazla yapılan karşılaştırma grafiği (Lee H, ve ark.ları. Univariate and bivariate polar value analysis of corneal astigmatism measurements obtained with 6 instruments. J Cataract Refract Surg 2012; 38:1608–1615.)

Abulafia ve ark.larının Parsiyel Koherens İnterferometri (PKİ) (IOLMaster 500), Optik Düşük Koherensli Reflektometri (ODKR) (Lenstar LS 900) ve kornea topografisi (Atlas) cihazları ile yaptığı çalışmada postoperatuar rezidüel astigmatizma ortanca absolu hata değerleri PKİ ile 0.42-0.60 D, ODKR ile 0.35-0.64 D. ve sim K kullanan Topografi ile 0.54-0.75 D. bulunmuştur²². Bu çalışma da tekrar topografilerin ölçüm anlamında daha geride kaldıklarını gösterir niteliktedir.

Keratometrik değerlendirmeler yönünden Akman ve ark.larının çalışmaları IOLMaster 500 ve IOLMaster 700 arasında fark olmadığını göstermiştir²³. Kunert ve ark. Larının IOLMaster 700, IOLMaster 500 ve Lenstar LS 900 ile karşılaştırmalı çalışmaları da kornea ölçümleri arasında farklılık olmadığını bildirmiştir²⁴.

Sonuç olarak keratometrik ölçümlede günümüzde yaygınlaşan non-kontakt biyometri cihazlarının kullandıkları otokeratometreler, otorefraktometre cihazlarımızın otokeratometre cihazları ve manuel keratometreler olumlu anlamda benzer değer taşımaktadırlar. Özellikle sadece plasido disk bazlı

kornea topografileri korneanın geniş bir fotoğrafını çekmekte hasta seçiminde düzensiz astigmatizmayı ekarte etmekte işe yaramakta, astigmatizmanın bir yere kadar aksını ölçmekte yararlı olmaktadır da torik lens hesaplamasında astigmat büyülüğünü ortaya koymakta yararları sınırlıdır. Tomografi dediğimiz kornea yapısını ve özellikle posterior korneayı değerlendiren cihazlar ise özellikle ray tracing teknolojisi kullandıklarında son derece yararlı olmaktadır.

Posterior Kornea Astigmatizması

Posterior kornea astigmatizması (PKA), torik GİL hesaplamaları hata neden ve paylarının araştırılması ile son dönemde öne çıkan popüler bir konu haline gelmiştir. Oysa PKA çok eskiden beri bilinen bir faktördür. Ancak uzunca bir süre arka kornea yüzeyi ve humör aköz kırma indeksleri (1.376 ve 1.336) arası farklılığının çok az olması nedeniyle GİL hesaplamalarında ihmäl edilebilir bir değer olduğu ön kabulü ile hareket edilmiştir. Bakıldığına Louis Emile Javal'ın toplam oküler astigmatizma sadece ön korneanın gücü ölçülerek ölçülemez dediği ve arka korneanın katmasını "Javal kuralı" olarak bilinen formülüne 1890'da koyduğu görülmektedir²⁵. Javal kuralı: Refraktif astigmatizma = $1.25 \times (\text{keratometrik astigmatizma}) - 0.50 \times 90^\circ$ şeklindedir. Dikkat edilirse burada PKA negatif ve kurala aykırı şekilde 90° aksda bildirilmektedir.

Son 30 yıllık literatüre bakıldığına PKA'nın farklı yöntemlerle 0.26-0.78 D. arasında ölçüldüğü görülmektedir (Tablo 3).

Tablo 3: Literatürde yer alan çeşitli posterior kornea astigmatizması ölçümleri

Yazar / Yıl	Kullanılan Görüntüleme Yöntemi	Göz / Hasta	Ortalama Yaş \pm SD	Posterior Kornea Astigmatizması	
				Ortalama \pm SD	Aralık
Royston²⁶, 1990	Purkinje İmajları (Polaroid kamera)	5 / 5	-	-0.38	0.17-0.78
Dunne²⁷, 1991	Purkinje İmajları (Polaroid kamera)	60 / 60	22.0 ± 3.3	-0.26	-
Prisant²⁸, 2002	Slit Tarama Topografi (Orbscan)	40 / 31	-	-0.66 ± 0.23	0.32-1.38
Modis²⁹, 2004	Slit Tarama Topografi (Orbscan)	44 / 44	61.4 ± 16.4	-0.78 ± 0.61	0.16-3.30
Dubbelman³⁰, 2006	Scheimpflug Fotografi (Topcon SL-45 Kamera)	114 / 114	39 ± 14	-0.31	0.00 -1.35
Ho³¹, 2009	Rotasyonel Scheimpflug Görüntüleme (Pentacam)	493 / 493	41.1 ± 21.9	-0.33	0.00-0.94
Koch³², 2012	Rotasyonel Scheimpflug Görüntüleme (Galilei)	715 / 435	55 ± 20	-0.30 ± 0.15 D	0.01-1.10
Tonn³³, 2015	Rotasyonel Scheimpflug Görüntüleme (Pentacam)	3818 / 2233	47.5 ± 15.0	-0.33	-

Son döneme kadar geleneksel yaklaşımada toplam kornea gücü ve astigmatizması hesapları, sadece ön kornea astigmatizması ölçümü yapan cihazlarda (manuel- otomatik keratometreler ve plasido disk topografi cihazları) sabit bir posterior-anterior kurvatür oranına dayanarak PKA'nın etkisini hesap dışı bırakmak amacıyla kornea kırmış indeksi 1.376 yerine 1.3375 kabul edilmek suretiyle yapılmıştır. Takiben gelişen teknoloji ile kornea tomografi sistemleri (Slit-tarama, Scheimpflug görüntüleme ve OKT) arka kornea yüzeyini ölçüp elde edilen astigmatik verileri ön yüzeydeki astigmatizma değerleri ile vektör analizi ile toplayarak toplam kornea astigmatizmasını (TKA) ölçmeye başlamışlardır. Ancak bu sefer kornea kalınlığının ihmäl edilmesi bir eksiklik ya da hata payı olarak ortaya çıkmıştır. Gelinen bu noktada

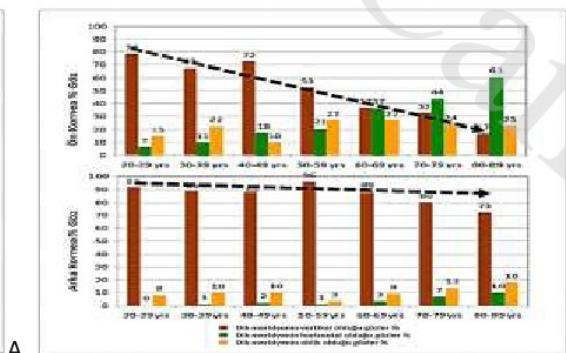
ray-tracing teknolojisi çözümde rol oynamıştır. Ray-tracing, ışınların fiziksel teorik optikte olduğu gibi korneadan paralel geçtiği kabulüne dayanan diğer yaklaşımardan farklı olarak hem ön korneada (kırma indeksleri; hava: 1.0, kornea 1.376) hem arka korneada (kornea: 1.376, aköz 1.336) kırılan ışınları ayrı ayrı Snellen kanununa göre hesaplamaktadır. Bu alanda, Galilei cihazı (Ziemer) dual-Scheimpflug ve plasido disk sistemleri kombinasyonu ile TKA’rı ölçen ilk cihaz olmuştur. Daha sonra Penacam (Oculus) cihazı da ray-tracing ile PCA değerlendirmesi yapmış TKA hesaplamaya başlamıştır. Bugün için PKA ölçübilen ve buna dayanarak TKA ölçen bir diğer cihaz Cassini (i-Optics, Den Haag, Netherlands)'dır. Çok renkli LED ray-tracing ile ön kornea ve ikinci Purkinje görüntüleme teknolojisi ile arka korneayı değerlendirmektedir. Ayıca IOLMaster 700 (Ziess, Ger) swept source OKT teknolojisi ile posterior korneayı değerlendirmektedir.

Tablo 3'de yer alan son 3 çalışma bugün PKA'yi anlamamıza ve torik GİL hesaplamlarımıza yön veren temel çalışmalar olarak kabul edilmektedirler.

Ho'nun 2009 da yayınladığı ilk çalışma³¹, özetle bizi posterior korneal yüzeyin ölçümünün ihmali edilmesinin TKA'nın ölçülmesinde önemli hatalara yol açabileceği konusunda uyarmaktadır. Çalışmada alınan ölçümlerle, anterior kornea kurala uygun (KU) astigmatizmasının toplam KU astigmatizmadan büyük olduğu, kısaca PKA'nın negatif değerinin anterior kornea astigmatizması üzerinde bir miktar nötralize etkisi olduğu ortaya konulmuştur. Ön korneada dik meridyen %71.8, arka korneada %96.1 oranında vertikalde bulunmuşlardır. Görülen yüksek orandaki aks çıkışması ile ön kornea KU astigmatizmasının arka korneadaki negatif astigmatizma değeri ile nötralize olduğu bu şekilde de ortaya konmuştur. Sonuçta, PKA'nın ortalama olarak TKA'rı % 13.4 oranında azalttığını ve gözlerin % 28.8'inde toplam korneal astigmatizmanın ön kornea astigmatizması ölçümlerinden büyülüklükte 0.5 D.'den fazla ve meridyende 10 dereceden farklı sonuçlara yol açabildiği bildirmiştir.

Koch ve ark.larının 2012 tarihli çalışması³² konuyu detaylandırmış ve ilaveten yaşla ortaya çıkan dinamiği ortaya koymuştur. Çalışma 435 kişinin 715 gözünde yapılmış, PKA ortalama -0.30 D. bulunmuş ve %9, 0.50 D.'den fazla olduğu tanımlanmıştır. Ön korneal ölçümlere göre hesaplanan ile TKA 0.22 @ 180 D. daha farklı bulunmuş ve %5 gözde farklılık 0.50'den fazla bulunmuştur. Önemli bir husus kornea dik meridyenlerinin ön korneada %51.9 oranında arka korneada %86.6 vertikal (60-120° ler arası) yerleşimli olduğunun bildirilmiş olmasıdır. Koch ve ark.larının çalışmasının belki de en önemli özelliği ön korneadaki astigmatizmanın yaşla olan değişiminin ortaya konmasıdır. Çalışmaya göre dik eksen ön korneada yaşla vertikal pozisyondan horizontal konuma değişimde arka kornea sabit kalmaktadır (Resim 9).

Anterior ve Posterior Kornea Astigmatizması		
Yaş	Ortalama ± SD (D) @ Derece	
	Anterior Kornea	Posterior Kornea
20-29	0.85 ± 0.72 @ 92.72	-0.26 ± 0.13 @ 91.76
30-39	1.01 ± 1.00 @ 93.79	-0.28 ± 0.17 @ 91.40
40-49	0.78 ± 0.99 @ 93.13	-0.28 ± 0.16 @ 90.96
50-59	0.39 ± 0.81 @ 91.23	-0.26 ± 0.14 @ 91.59
60-69	0.05 ± 0.79 @ 118.93	-0.24 ± 0.15 @ 90.84
70-79	0.18 ± 0.85 @ 172.96	-0.20 ± 0.16 @ 91.79
80-89	0.60 ± 1.02 @ 3.96	-0.17 ± 0.17 @ 91.40



A

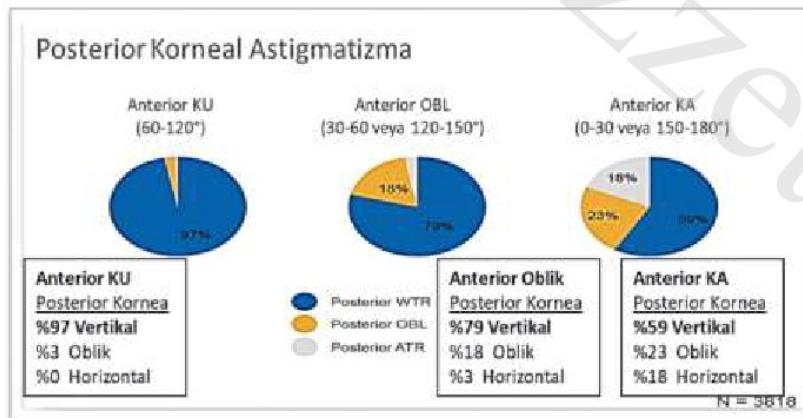
B

Resim 9: 9A. Ön ve arka kornea astigmatizmalarının yaşla değişimi: Ön korneada astigmatizma değerlerinin artı olduğu ve 60 yaş sınırına kadar ortalama meridyenin 90 derece civarında kaldığı daha ileri yaşlarda önce oblik sonra horizontal meridyenlere döndüğü, arka korneada ise astigmatizma değerinin negatif olduğu, meridyeninin ise yaşla değişmeyip hep 90 derece civarında kaldığı görülmektedir.
 9B. Kornea dik akslarının vertikal konumlarının ön korneada yaşla horizontale değişimi ve arka korneanın değişmeden kalışının grafik anlatımı (Koch DD ve ark.ları .Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism. J Cataract Refract Surg. 2012; 38: 2080–2087)

Yaşla ön korneadaki dik meridyenin vertikalden horizontale değişiminin olası nedenleri: azalmış kapak tansiyonu, ekstra oküler kaslardaki kas gerilimi azalması, artmış göz içi basıncı ve korneal yapı değişiklikleri olarak bildirilmiştir³⁴.

Tonn ve ark.larının³³ çalışması, PKA tanımları açısından yapılmış en geniş denek sayısına sahip çalışmardır. Bu çalışmada 3818 göz değerlendirilmiştir. Ortalama PKA -0.33 D. bulunmuş, dik meridyen ön korneada %71.2, arka korneada %88.8 oranlarında saptanmıştır. Ön korneadaki dik meridyenin horizontal yerleşimde olması 20-29 yaşları arası %9.1 iken 70-79 yaş arasında %31.8'e yükselmiştir. Posterior korneada ise dik aks çoğunlukla vertikal kalmıştır (%90.9-%80.7). TKA (Ray-tracing) ve ön kornea astigmatizması (Sim K) arası farklılık 0.18 @ 178° iken, 0.50 D. üzeri farklılık %9 gözde görülmüştür.

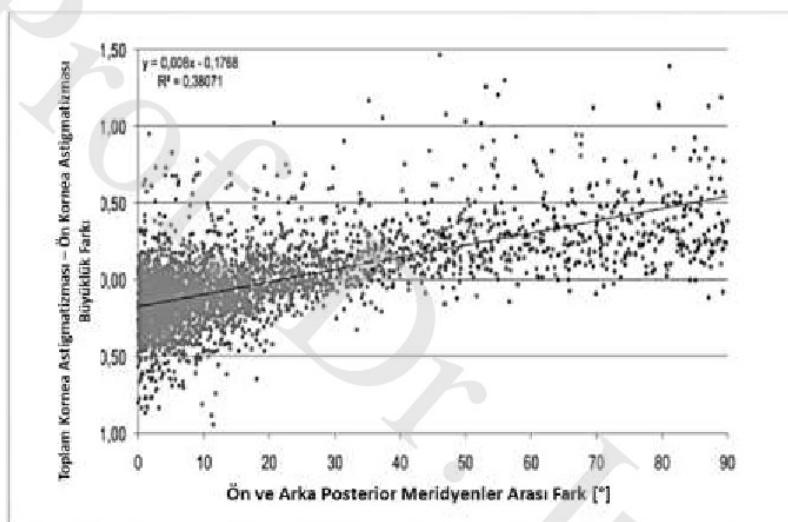
Bu çalışmanın bizlere anlattığı çok önemli bir konu, ön ve arka kornea dik meridyenlerinin birbiri ile ne kadar çakışma gösterdiğidir. Ön kornea astigmatizması vertikal ise PKA'sı %97 vertikal, %18 oblik ve %0 horizontal konumdadır. Eğer ki ön korneada astigmatizma oblik konumda ise arka korneada dik aks konumu; %79 vertikal, %18 oblik ve %3 oblik'tır. Ön korneada dik meridyen horizontal olduğunda da arka korneada dik aks yerleşimi %59 vertikal, %23 oblik ve %18 horizontaldır (Resim 10). Özette ön kornea kurala uygun astigmatizmadan saptıkça arka korneadaki astigmatizma konumu ile çakışma olasılığı ve nötralizasyon ihtiyimali azalmaktadır.



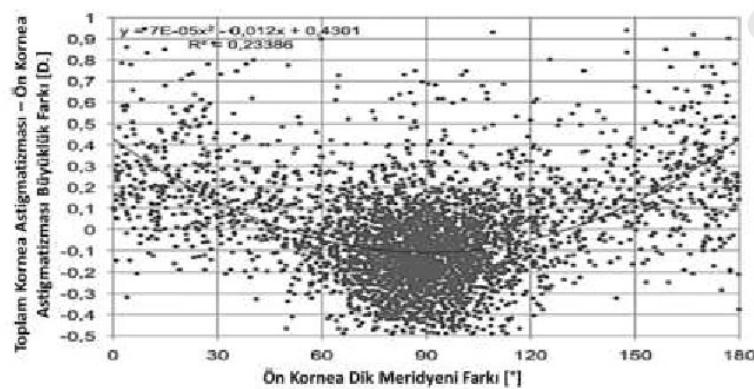
Resim 10: Posterior korneal astigmatizmanın ön korneadaki konumuna göre arka korneadaki konumunun dağılımı (Tonn B, ve ark. Anterior Surface-Based Keratometry Compared With Scheimpflug Tomography-Based Total Corneal Astigmatism. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2015; 56: 291–298.)

Bu veriler klinik alana taşındığında önemli sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Resim 11'de görüldüğü gibi, ön ve arka astigmatizmalar arası meridyonel fark arttıkça TKA ölçen ray tracing yöntemi ile sadece ön

korneanın ölçüldüğü yöntemlerden elde edilen sonuçlar arası büyülüklük farklılıklarını artmaktadır. Daha da açıklayıcı olarak ön korneada dik aks vertikal olmaktan saptıkça TKA ve ön korne astigmatizması arası farklılıklar artmaktadır (Resim 12). Bu iki grafiğin klinik yaklaşımımızda bize vermesi gereken mesaj şudur; sadece ön korneayı ölçduğumuzda sonuç kurala uygun astigmat çıkar ise (dik meridyen vertikal ise) ölçümümüz daha güvenilir iken ön kornea ölçümü kurala aykırı olduğunda sadece ön korneayı ölçüyor isek hata oranımız yüksek olacaktır. Kisaca sadece ön kornea ölçümü yaptığımızda oblik ya da kurala aykırı astigmatla karşılaşlığımızda ön kornea ölçümü ile yetinmeyeip toplam kornea ölçümü ile ilerlememiz doğru olacaktır.



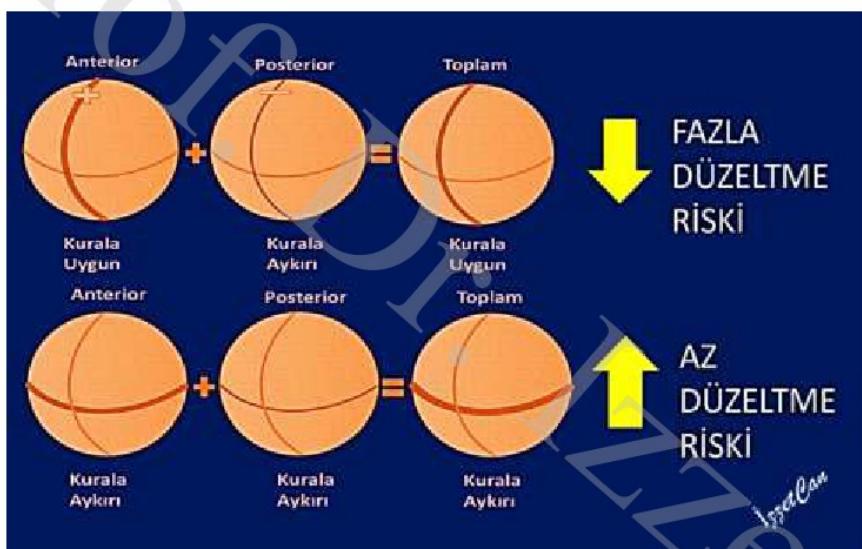
Resim 11: Ön ve arka korneada meridyen farklılıkları arttıkça toplam ve ön kornea astigmatizmaları ölçümleri büyülüklük (dioptri) farklılıklarının arttığını gösteren grafik. (Tonn B, ve ark. Anterior Surface-Based Keratometry Compared With Scheimpflug Tomography-Based Total Corneal Astigmatism. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2015; 56: 291–298.)



Resim 12: Ön kornea dik aksi 60-120 derece arasında iken yani kurala uygun astigmat var iken toplam kornea astigmatizması ve ön kornea astigmatizması ölçümleri birbirlerine yakın, ancak kurala uygun

durumdan saptıkça farklılıkların arttığını gösteren grafik. (Tonn B, ve ark. Anterior Surface-Based Keratometry Compared With Scheimpflug Tomography-Based Total Corneal Astigmatism. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2015; 56: 291–298.)

Yine PKA'nın klinik sonuçlarına baktığımızda şu sonucu öngörebiliriz. Korneada dik aks vertikal olduğunda yani kurala uygun olduğunda ve sadece ön kornea ölçümü yaptığımızda ortalama 0.11 D. fazla ölçümle karşılaşmamız mümkün olacaktır. Örneğin 1.50 D.astigmatizma 1.60 D. olarak ölçülebilecektir. Bu hesapla torik lensle 1.60 D. düzeltmeye gidildiğinde de 0.1 D. kurala aykırı astigmat karşımıza çıkacaktır. Ön korneada kurala aykırı astigmat var yani dik meridyen horizontal konumda ise bu sefer ortalama 0.26 D. az ölçümle karşılaşılacaktır. Örneğin 1.50 astigmatı olan hastayı bu sefer 1.25 D. ölçmek mümkün olacak ve 1.25 D.'yi torik GİL ile düzettığınızde 0.25 D. rezidü kalacak ve rezidü astigmatizma yine kurala aykırı olacaktır (Resim 13).



Resim 13: Sadece ön kornea ölçümü yapıldığında kurala uygun astigmatizma varlığında PKA'nın nötralizasyon etkisi görülmeyeceğinden astigmatizma toplam ya da gerçek astigmatizmadan büyük çıkacak buna göre hesaplanan torik göz içi lensi fazla düzeltmeye neden olacak ve sonuç kurala aykırı astigmatizma olacaktır. Ön kornea ölçümü kurala aykırı astigmatizma ise arka korneadaki kurala aykırı astigmatizma hesap dışı kalacağından toplam kornea astigmatizmasına göre astigmatizma miktarı düşük çıkacak buna göre yapılan torik göz içi lensi düzeltmesi yetersiz kalacağından sonuç yine kurala aykırı rezidü astigmatizma olacaktır.

Benzer durum ön korneada yaşla olan kurala aykırı yönündeki astigmatizma değişimi ile de görülebilmektedir. Genç hastalarda fazla değerlendirme ve aşırı düzeltme, yaşlı hastalarda az değerlendirme ve yetersiz düzeltme riski vardır. Özette her iki durumda da rezidü kurala aykırı astigmatizma riski vardır.

PKA'nın hesaba katılmadığı taktirde torik GİL cerrahisi sonrasında önemli rezidüel astigmata ve ameliyat sonrası istenmeyen sonuçlara yol açması olasılığının ortaya çıkması sonrası gündeme gelen ilk yaklaşım Baylor nomogramı olmuştur. Kisaca bu nomogram kurala uygun astigmatizmaları (KUA) 0.70 D. az, kurala aykırı astigmatizmaları (KAA) da 0.70 D. fazla düzeltmeyi önermektedir. Buna göre ön kornea

ölçümünde KUA varsa 1.70 D.'ye kadar torik GİL uygulamaktan kaçınmayı, tam tersine KAA varsa 0.40 D.'den itibaren torik GİL cerrahisi yapmayı önermektedir. Örneğin 0.80 D. KAA'ı olan olguda 1.55 D. düzeltlen bir torik lensin (Alcon T4) takılabilceği önerilmektedir (Tablo 4). Daha sonraki süreçte torik GİL hesaplamalarında PKA'nın direk ölçülmesi ve buradan TKA'nın bulunması ve daha sonra da matematiksel hesaplayıcılar (Barrett toric calculator) ya da regresyon formülleri ile (Abulafia-Koch formülü) sadece ön kornea astigmatizması ölçülmüş olsa bile algoritmik teorik yaklaşımalarla PKA ve TKA'nın bulunması yoluyla PKA'nın hesaba katılmaması sorununun çok büyük oranda ortadan kalkması sağlanmıştır. Bu hesaplayıcılar ve regresyon formülleri hakkında daha geniş bilgi torik hesaplayıcılar başlığı altında verilmiştir.

Tablo 4: Baylor Nomogramı

Kornea planında etkili GİL Silindir Gücü (D.)	Kurala Uygun Astigmatizma	Kurala Aykırı Astigmatizma
0.0	≤ 1.69	≤ 0.39
1.0	1.70 - 2.19	0.40 - 0.79
1.50	2.20 - 2.79	0.80 - 1.29
2.00	2.70 - 3.19	1.30 - 1.79
2.50	3.20 - 3.79	1.80 - 2.29
3.00	3.80 - 4.39	2.30 - 2.79
3.50	4.40 - 4.99	2.80 - 3.29
4.00	5.00 +	3.30 - 3.79

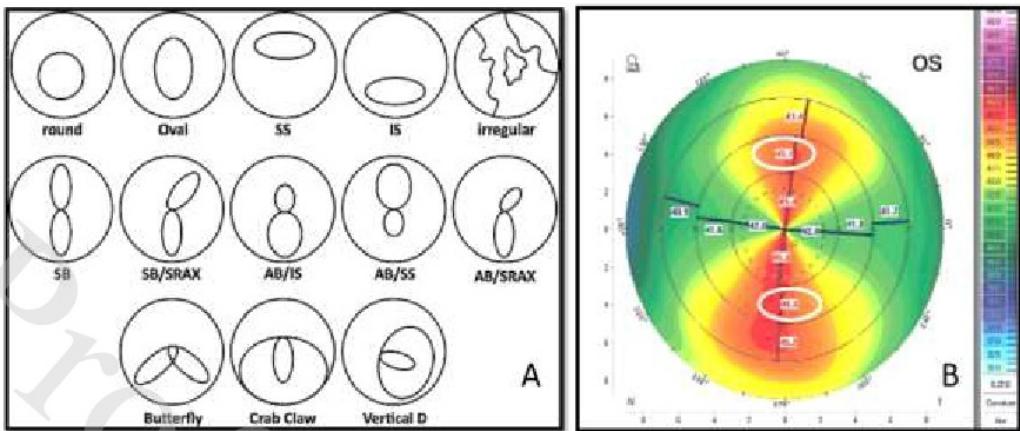
Torik Göz İçi Lensi Hasta Seçimi, Endikasyonlar / Kontrendikasyonlar:

Torik göz içi lens uygulamaları 0.75 D. ve üzerinde kornea astigmatizması olan her hastaya sorunsuz, düzgün ve yeterince santralize bir kapsüloreksis ile yapılmış katarakt ameliyatı sonrasında takılabilir. Astigmatizmanın düzenli astigmatizma olması (simetrik bowtie tipinde) önemlidir. Korneanın dik ve düz ana meridyenlerinin ortogonal prensiple birbirine dik konumda ve simetrik düzende olduklarında buna "düzenli astigmatizma", meridyenlerin birbirine 90°den farklı açı ile çıkışıyor olmalarına yani asimetrik düzende olmalarına da "düzensiz astigmatizma" denir. Bilindiği gibi travma, kornea enfeksiyonu, skarları, keratokonus gibi ektatik kornea hastalıkları düzensiz astigmatizma nedenleridir.

Her ne kadar son dönemde Torik GİL uygulamaları için olması gereken en düşük kornea astigmatizma değerini 0.50 D. veren yazarlar var ise de Hayashi ve ark.larının 2010 taraklı çalışmaları difraktif multifokal GİL'lerinde ameliyat sonrası astigmatizmanın 0.50 D. den itibaren görmeyi istatistikî anlamı olmayarak olumsuz etkilediğini, 1.0 D. ve üzerinde olması ile de görmenin anlamlı derece azaldığını bildirmiştir³⁵. Bu veriler de 0.75 D. rakamından itibaren kornea astigmatizmasına duyarsız kalmama gerekliliğini düşündürmektedir.

Kornea topografisi her ne kadar keratometrik değerlendimede düşük yararlılık gösterse de kontrendikasyonları belirlemeye büyük bir önem taşımaktadır. Korneada astigmatizma modelleri yaklaşımlımızda bize yol gösterici olacaktır (Resim 14).





Resim 14: 14A: Kornea meridyenlerin birbirine olan eğimlerine (skew) göre yapılan ektatik kornea topografi sınıflaması: Sağ üst köşede yer alan irregüler olgular torik GİL uygulaması açısından kontendike iken, ikinci sıranın solundaki simetrik bowtie (SB) görünümü uygun olgu topografisini göstermektedir. İkinci sıradaki diğer 4 görünüm keratokonuslu ilgili olup, görme aksının bir tarafında dik bir zon varken diğer tarafında olmadığını göstermektedir. Bu olgularda torik GİL sadece dik meridyeni düzeltceğinden diğer tarafta aşırı düzeltme ile koma gibi yeni aberasyonlara ve hatta diplopiye yol açabilecektir. 14B: Simetrik Bowtie görünümünde torik GİL cerrahisine uygun kornea topografisi örneğini göstermektedir.

Torik GİL açısından önemli kontrendikasyon nedenlerini; Düzensiz korneal astigmatizma, internal astigmatizma, forme fruste keratokonuslu genç hastalar, şiddetli zonüler zaafiyet, epitelyal basal membran distrofisi, penetrant keratoplasti öyküsü ve hipermetropik lasik öyküsü olan hastalar olarak sıralayabiliriz. Bu olgular durumun stabil olmadığı, zamanla astigmat miktarı ve aksının değişebileceği ya da sağlıklı keratometrik ölçümlerin yapılamadığı hastalardır (Tablo 5).

Tablo 5: Torik GİL Endikasyonları / Kontrendikasyonları

Endikasyonlar
Katarakt ya da Şeffaf Lens Cerrahisinde: Korneal Astigmatizma: > 0.75 D*
Korneal Astigmatizmanın Düzenli Olması:
Manuel Keratometrede: Meridyenler Birbirine Dik Olmalı
Kornea Haritalamasında: Bowtie veya Wedge Tip Görünüm

Kontrendikasyonlar
Düzensiz Korneal Astigmatizma
Geçirilmiş Kornea Enfeksiyon ve Skarları
Geçirilmiş Kornea Travmaları
Ektatik Kornea Hastalıkları
Forme Fruste Keratokonuslu Genç Hasta**

Şiddetli Zonüler Zaafiyet
İnternal Astigmatizma
Penetran Keratoplasti Öyküsü
Epitelyal Bazal Membran Distrofisi
Hipermetropik Lasik Öyküsü

* Bazı otörlerce 0.50 D. de düzeltilmesi gereken en az kornea astigmatizma değeri olarak bildirilmektedir. **İstisna: Stabil Keratokonuslu, Düzenli Astigmatizmalı, K değeri <55 D., > 35 y. hasta

Stabil Keratokonuslu, düzenli astigmatizması olan, kon yerleşimi merkezi olan ve 35 yaş üzeri hastalarda gözlükle görme artışı sağlanabilen ve K değeri 55 D.'nin altında olan hastalarda torik GİL cerrahisi yapılabilir. Bunlarla ilgili başarılı sonuçların literatürde yer aldığı görülmüştür ^{36,37}.

Post-LASİK /PRK gözlerinde kornea astigmatizması varlığında torik uygulama zaman zaman gerekebilir. Bunun için şu 3 şartta dikkat etmenin önemine işaret edilmiştir. 1) Merkezi 3 mm. zonda düzenli bow-tie astigmatizma olması 2) İki biyometre cihazı sırasında magnitude farklılığı (mesela IOLMaster ve Lenstar arası) <0.75 D. olması ve 3) İki cihaz arası aks farklılığı < 15° olmasıdır.

Torik GİL Parametrelerinin Belirlenmesi:

Torik GİL Hesaplama Sayfalarına Bilgi Girişи

Ameliyatta uygulanmak için ismarlanacak olan torik GİL'nin parametreleri ya ilgili firmanın web sayfasından ya da kullanılacak olan hesaplama formüllerinin web sayfaları üzerinden belirlenebilir. Bu sayfalar 5 temel bilginin önceden belirlenerek girilmesini gerektirirler (Resim 15).

Bunlar;

1. Dik kornea miktar ve aksi
2. Düz kornea miktar ve aksi
3. GİL sferik gücü
4. Cerrahi nedenli astigmatizma (CNA)
5. Ameliyatın yapılacağı ana kesi lokalizasyonu'dur

The screenshot shows a web-based calculator interface for toric lens calculations. It includes sections for 'Patient' information and 'Keratometry' measurements for 'RIGHT (OD)' and 'LEFT (OS)' eyes.

Patient Information:

- Name-Surname: JİYAL CAN
- Clinic: KOK
- Phone: 0555 XXXXXXXX
- E-mail: jiyalcan@yahoo.com
- Country: TÜRKİYE
- IOL Type: Acryl 1D BB Toric T IUDM R11

Keratometry Measurements (Right Eye):

Parameter	Value	Range
K (?)	40 (Slope) - x (mm)	35.000 - 40.000
Meratometre (?)	K1 (Flat K): 42,00	38.000 - 50.000
	Flat Axis: 180°	0° - 180°
	K2 (Steep K): 44,50	38.000 - 50.000
	Steep Axis: 90°	0° - 180°
IOL Spherical Power (?)	-13,00	-0,000 - 2,500
Surgically induced Astigmatism (?)	0,75	0,000 - 2,500
Incision Location (?)	180°	0° - 360°

Keratometry Measurements (Left Eye):

Parameter	Value	Range
K (?)	40 (Slope) - x (mm)	35.000 - 40.000
Meratometre (?)	K1 (Flat K): 38,000	38.000 - 50.000
	Flat Axis: 180°	0° - 180°
	K2 (Steep K): 38,000	38.000 - 50.000
	Steep Axis: 90°	0° - 180°
IOL Spherical Power (?)	-13,00	-0,000 - 2,500
Surgically induced Astigmatism (?)	0,75	0,000 - 2,500
Incision Location (?)	180°	0° - 360°

Resim 15: Torik GİL hesaplamalarında doktor tarafından girilmesi gereken değerler oklarla gösterilmiştir (Örnek VSY Biotechnology web sayfasından verilmiştir).

Keratometrik değerlerin girilmesi:

Ölçüm değerleri istenirse mm. olarak kornea eğrilik yarıçapı şeklinde ya da bunun dioptri karşılığı olarak girilebilir. Daha önce keratometrik ölçümlerden, hangi ölçümün daha güvenilir olduğundan ve posterior kornea astigmatizmasının (PKA) değerlendirmesinden bahsetmiş idik.

Eğer birden çok cihazla ölçüm yapılmış ise bunlardan alınan sonuçların algoritmik yaklaşımıyla ortalamasını alan ve integre K değerlerini veren "K calculator", Barrett Toric Calculator sayfasında kullanılıp elde edilen yeni integre keratometrik değerler keratometrik değer bölümünde kullanılabilir.

Diğer bir konu PKA'nın hesaba katılarak TKA değerlerinin girilmesidir. Bu iki türlü yapılabılır. 1) PKA'nın direk ölçülmesi ve buradan giderek vektör analizleri ile ön kornea astigmatizması ile toplanarak TKA'nın bulunarak kullanılması 2) Sadece ön kornea astigmatizmasını ölçen cihazlarla alınan ölçülerin, PKA ölçülmemiş halde matematiksel hesaplama formüllerindeki (Barrett Toric Calculator, Abulafia-Koch, Johnson & Johnson (Koch) hesaplayıcıları gibi) algoritmik yaklaşımalarla TKA'na dönüştürülmesi.

Son dönemimde en yaygın kullanılan ve popüler olan Barrett Toric hesaplayıcı ile ilgili daha detaylı bilgi "torik hesaplama sayfaları" bölümünde verilecektir.

GİL'in sferik değerinin girilmesi:

GİL sferik değeri monofokal GİL ölçümünden farklı olarak yapılır. Hesaplama önemli 2 temel unsur vardır. 1) doğru ve kesin biyometri 2) doğru GİL gücü ölçümü yapan formülün kullanılması. Hata oranlarının en aza indirgenmesi için daha gelişmiş hesaplama formüllerinin kullanılması tavsiye edilir^{38,39}.

Optik biyometriler, infrared ışığı kullanılarak aksiyel uzunluk (AU) ölçen 1998'den beri hayatımıza girmiş ve daha önce ultrasonla yaptığımız ölçümlerin yerini almış cihazlardır⁴⁰. Günümüzde 3 tür optik

biyometri teknolojisi kullanılagelmektedir. 1) Parsiyel koherens interferometre (PKİ) 2) Optik düşük koherens reflektometre (ODHR) 3) Swept source – Oküler koherens tomografi (SS-OKT)

PKİ teknolojisi kullanan cihazlar arasında; IOL Master 500 (Carl Zeiss), AL-Scan (Nidek) ve Pentacam AXL (Oculus) vardır. ODKR teknolojisi ise; Lenstar LS900 (Haag-Streit), Aladdin (Topcon) ve Galilei G6 (Zeimer) cihazlarında kullanılmaktadır. SS-OKT ise günümüzde IOL Master 700 (Carl Zeiss), Argos (Movu), OA-2000 (Tomey) ve Eyestar 900 (Haag-Streit) cihazlarında yer almaktadır.

Parsiyel Koherens İnterferometre (PKİ) Teknolojisi Kullanan Cihazlar:

IOLMaster 500 (Carl Zeiss): Ticari olarak ilk kullanılan optik biyometredir. 780 nm. infrared lazer kaynağı kullanır. Aksiyel uzunluğu (AU) 0.02 mm. doğrulukla ölçer. Ultrason ölçümlerinde kullanılan akustik GİL A-sabitlerinden farklı olarak optik A sabitlerinin kullanılması gereklidir. AU'a ilaveten, keratometri, ön kamara derinliği (ÖKD) ve beyaz-beyaz (B-B) horizontal kornea genişliği ölçümlerini yapar. Keratometrik ölçümler için telesentrik bir metod kullanır. IOLMaster SRK II, SRK-T, Haigis, Hoffer Q, Holladay I, Haigis-L ve Holladay II formüllerini içermektedir.

AL-Scan (Nidek): AU, ÖKD, B-B genişlik, Pupil büyülüğu, ve merkezi kornea kalınlığı (MKK) ölçer. ÖKD ve MKK için Scheimpflug görüntüleme kullanırken, ön kornea yüzeyinden yansyan plasido sistemi ile de keratometre ve kornea topografisi yapar. AL-scan ayrıca kornea aberasyonlarını ölçer. Ayrıca torik lens için yerleştirme yerini gösteren digital aks işaretleyiciye sahiptir. Cihazla birlikte ultrason pakimetresi ve A-tarama da verilmektedir. Tüm popüler hesaplama formülleri cihazda mevcuttur.

Pentacam AXL (Oculus): PKİ bazlı optik biyometri ve elevasyon bazlı tomografinin kombinasyonudur. Rotasyonel Scheimpflug kamera kornea tomografisini, PKİ teknolojisi de AU uzunluk ölçümünü yapar. Ayrıca MKK ve B-B genişlik ölçümleri de sağlanır. Önemli avantajı PKA'nı ölçüyor olmasıdır. Ayrıca refraktif cerrahi sonrası gözlerde GİL gücü hesabı da yapabilmektedir. Wavefront analiz fonksiyonu da cihaza eklenmiştir. Tüm popüler hesaplama formülleri cihazda mevcuttur.

Optik Düşük Koherens Reflektometre (ODHR) Teknolojisi Kullanan Cihazlar:

Lenstar LS900 (Haag-Streit): MKK'nı ölçen ilk biyometri cihazıdır. Ayrıca lens kalınlığı (LK) ölçen yine ilk cihazlardan biridir. AU, ÖKD ve LK ölçümleri için düşük koherensli 820 nm. süperluminesan diod ışık kaynağı kullanır. Çift zonlu keratometri ile 32 noktadan keratometrik ölçüm yapar. T-cone ataşmanı ilavesi ile yansımaya bazlı topografiyi 6.0 mm zonda yapabilir ki bu özellikle torik GİL planlamasında işe yarar. Ayrıca horizontal B-B genişliği, pupil çapı ve barimetresi de bu cihazla ölçülebilir. Tüm modern GİL hesaplama formülleri; Holladay IOL consultant professional, the Barrett suite, Hill-radial basis function (RBF), Masket, Modifiye Masket, Shamas no-history Lenstar LS-900'da mevcuttur. Ayrıca Okulix ve Olsen formülleri de eklenebilmektedir.

Aladdin HW3.0 (Topcon): Optik biyometri ve yansımaya bazlı topografi kombinasyonu bir cihazdır. Keratometri 3,5 ve 7 mm. zonlarda yapılrken, ön kornea topografisi 24 plasido disk halkasına sahiptir. Cihaz mezopik pupillometri ve lens santralizasyonunu ölçmektedir. Zernike wavefront analizi ile yüksek sıralı aberasyonlar ölçülebilmektedir.

Galilei G6 (Zeimer): Çift Scheimpflug kamera, plasido disk topografi ve ODHR biyometri kombinasyonunu içeren bir cihazdır. Kornea tomografisi, üç boyutlu ön kamara analizi, yüksek sıralı aberasyonlar ve toplam kornea astigmatizması değerlerini, AU, MKK, ÖKD, LK ve B-B genişlik değerlerine ilaveten

ölçmektedir. PKA ölçüduğundan özellikle kornea refraktif cerrahisi geçirmiş hastalarda GİL gücü hesabında yararlıdır. Cihaz ayrıca ray tracing kullanarak GİL gücü hesaplayan Okulix ve PhacoOptics formüllerini de sağlamaktadır.

Swept Source Oküler Koherens Tomografi (SS-OKT) Teknolojisi Kullanan Cihazlar:

IOL Master 700 (Carl Zeiss): Cihaz swept source teknolojisi kullanarak saniyede 2000 tarama yapmakta OKT ile çeşitli oküler yapıları görüntülemektedir. Lens tilti, arka polar katarakt ve maküler patolojiler gibi çeşitli durumların tanınmasında yardımcı olmaktadır. Keratometri için IOLMaster 500 de olduğu gibi telesentrik keratometri kullanır. Ayrıca arka kornea yüzeyini de ölçerek total kornea keretometre (TK) değeri verir. Diğer PKİ ve ODHR biyometri cihazlarında ölçüm sorununa yol açabilen sert katarakt, optik media opasiteleri gibi durumlarda da sağlanabilmektedir^{41,42}. Tüm modern formüller ve bu arada Barrett Universal II'yi içeren Barret suite, Barrett True K ve Barrett Toric formülleri mevcuttur ve bunlarda TK kullanılmaktadır. Ayrıca IOL Master 700, gözün yüksek çözünürlüklü imajını yakalayarak marker kullanılmadan ameliyat sırasında torik GİL implantasyonuna yardım eden Calisto (Carl Zeiss) sistemine de bağlantı sağlar.

Argos (Movu): Oküler biyometri için SS-OKT kullanan cihaz, keratometre, AU, MKK, ÖKD, B-B genişlik, LK, ve pupil büyülüğu ölçümleri yapar ve sert kataratlarda da ölçüm başarısı gösterir. Tüm popüler GİL hesaplama formülleri cihazda mevcuttur.

OA-2000 (Tomey): Plasido disk bazlı topografi ile SS-OKT kombinasyonu ile keratometre, MKK, ÖKD, LK, B-B genişlik, pupillometre, ve kornea topografevi yapılmaktadır. İçinde ray-tracing'e dayanan formüllerin de bulunduğu tüm modern formüller içermektedir.

Eyestar 900 (Haag-Streit): SS-OKT bazlı bu cihaz henüz ticari olarak bulunmamaktadır. Firma tüm göz boyunca her türlü biyometrik analizin bu cihazla sağlanacağını bildirmektedir.

GİL Gücü Hesaplama Formülleri: Formüllerin bugüne kadar ki gelişimine bakarak şu kısa hatırlatmayı yapabiliriz. III. Nesil formüller (**Holladay I, Hoffer Q ve SRK/T**), aksiyel uzunluk (AU) ve kornea gücünü kullanarak etkili lens pozisyonunu (ELP) tahmin ederler. Ancak bu formüller genelde başarılı olmalarına karşın sıra dışı anatomilerde daha az öngörünürlük sağlarlar. IV. Nesil formüller daha kompleks yollarla ELP'nu tahmin etmektedirler. Örneğin **Haigis** ön kamara derinliğinin (ÖKD) ölçülmüş olmasını gerektirir ve 4 tane regresyon analizine dayanan "A sabiti" içerir. **Holladay II** yine çok sayıda ölçüm gerektirir. AU ve kornea gücü yanında, beyaz-beyaz kornea çapı, ÖKD, LK, hastanın yaşı, ve preoperatif refraksiyon değerleri gerekmektedir. Bu IV. Nesil formüller anormal AU ve kornea gücü değeri olan gözlerde önceki formüllere göre daha iyi sonuç vermekle birlikte hala kesin değildirler. Bu yüzden V. nesil formüller ile daha büyük doğrulukta sonuçlar elde edilebilmektedir. Örneğin **Olsen** formulü ray tracing ve LK kullanarak C sabiti üretip ELP'nu tahmin etmektedir. Bu formül özellikle kısa gözlerde yararlıdır. Ayrıca, **Barrett Universal II** formulü kısa, normal ve uzun gözlerde de çalışır. Diğer yeni formüller basit ölçümler kullanıp bunları daha kompleks denklemlere uygularlar. Bunun örneği Warren Hill'in **Radial Basis Functions'udur (RBFs)**. Warren Hill RBF, verilerden giderek ve Lenstar'ın patern tanıma veri tabanını kullanılarak bir algoritma üretir ve lens hesabı yapar. Yeni **Hoffer H-5** denklemi de ırk ve cinse göre biometrik veri sağlamakta ve postoperatif sonuçları rafine etmektedir. Uzun AU, düz keratometri ve derin ÖKD'li hastalarda yararlıdırlar. Son olarak, **Ladas Superior** formulü 3-D modeli ile 5 farklı modern

formülle refraktif sonucu tahmin ederler. Tablo 6, hali hazırda kullanılan formüllerle ilgili genel bilgi vermektedir.

Tablo 6: GİL Hesaplama Formüllerinin Sınıflaması

Sınıflama	Formüller
Tarihi / Refraksiyona dayanan Formüller	GİL Gücü= $18.00 + (1.25 \times \text{ameliyat öncesi SE})$
Regresyon Formülleri	SRK-I, SRK-II
Verjans Formülleri	
2 Değişkenli Formüller	Holladay I, SRK-T, Hoffer Q
3 Değişkenli Formüller	Haigis, Ladas Super
5 Değişkenli Formüller	Barrett Universal II
7 Değişkenli Formüller	Holladay II
Yapay Zekaya Dayalı Formüller	Clarke Neural Network, Hill-RBF Calculator
Ray Tracing	Olsen, Okulix, PhacoOptics

SE: Sferik Eşdeğer, RBF: Radial Basis Function

Uzun Gözler : AU'daki sıra dışı durumlar sıklıkla refraktif sürpriz yaratırlar. Uzun AU riskli bir durumdur ve sıklıkla standart hesaplamalarla hipermetropik sonuç yaratır. Bu cerrahın posterior segmenti olduğundan fazla ölçmesinden kaynaklanır ve GİL yetersiz güçte hesaplamamış olur. Uzun gözler uzun arka segmente sahip olma eğilimindedirler, ki bu uzun arka segment, ön kamara ve korneaya göre farklı kırma indeksine sahiptir. Hatayı önlemek için formüllerin buna duruma göre ayarlanması gereklidir. Uzun AU olduğunda (> 25.2 mm.) optimize etmek için **Wang-Koch** formülü kullanılması önerilir. Dört farklı formül için uygulanabilir. (Tablo 7, Resim 17)

Tablo 7: Wang-Koch AL Düzeltmesi (IOLMaster'da)

Formül	Revize edilen AÜ
Holladay I	= $0.8289 \times \text{IOLMaster AU} + 4.2663$
Haigis	= $0.9286 \times \text{IOLMaster AU} + 1.562$
SRK/T	= $0.8544 \times \text{IOLMaster AU} + 3.7222$
Hoffer Q	= $0.853 \times \text{IOLMaster AU} + 3.5794$

Optimizasyon yapmayan mevcut formüller içinde **Barrett** uzun gözlerde doğruluğa en yakın olanıdır³⁸.

Kısa Gözler: AU'luğun kısalığı (< 22 mm), yüksek GİL gücü ve retinaya olan kısa mesafe nedeniyle postoperatif hata gösterirler ve sıklıkla GİL'in anterior pozisyonu nedeniyle miyopik sonuç yaratırlar. Mükemmel bir çözüm yoktur, **Holladay I, Holladay II, Barrett ve Olsen** formülleri genelde en iyi sonuç veren formüllerdir. (Resim 16).

Melles ve ark.larının³⁸ çalışması Barrett Universal II, Olsen, Haigis, Holladay 2, Holladay I, SRK/T, ve Hoffer Q formüllerini kıyasladıkları toplam 18501 olguya kapsayan çalışmalarında Barrett Universal II formülünü en az tahmin hatası veren formül olarak tespit etmişlerdir.



Resim 16: Yayın kullanılan GİL gücü hesaplama formüllerinin gözlerin aksiyel uzunluk değerlerine göre önerilen aralık durumları

Torik GİL kullanımı sferik düzeltmeyi etkiler mi? Merak edilen önemli konulardan biri de budur. Çok yüksek bir astigmatik düzeltmenin lensin sferik eşdeğerini etkileyerek emetropi planını bozmasının teorik olarak mümkün olabileceği düşünülebilir. Ya da ELP'nun az olduğu kısa gözlerde silindir gücünün düşürülmesi ya da ELP'nin fazla olduğu uzun gözlerde de artırılması gerekliliği de çalışılmış ve öne sürülmüştür⁴³. Buna karşın lens firmaları üretimlerinde bu olası etkileri hesaplamakta ve böyle bir duruma imkan tanıtmamaktadırlar. Bu nedenle cerrah kullanacağı torik GİL'inin sferik değerini belirlerken lensin astigmatik özelliklerini dikkate alarak bir değişikliğe gitmemeli, kullandıkları formülle elde ettikleri sferik değeri aynen kullanmalıdır.

Cerrahi Nedenli Astigmatizma (CNA)'nın Girilmesi:

Hesaplama sayfalarına girilecek bu bilgiler içinde CNA kişisel bir değişkendir. Bilindiği gibi günümüz pratiğinde en yaygın kullanılan kesi şeffaf kornea kesisidir. Korneada yapılan herhangi bir kesi, genişliğine, uzunluğuna, mimarisine, kornea merkezine uzaklısına, lokalizasyonuna, korneanın kalınlığına ve hatta rigiditesine göre değişen miktarlarda ameliyat öncesi bulunan astigmatizmanın hem büyüğünü hem de aksını değiştirir⁴⁴⁻⁴⁶. Dolayısı ile keratometrik yöntemlerle ölçüduğumuz ameliyat öncesi kornea astigmatizmasının ameliyat kesimizle ne kadar değişim göstereceğinin tahmin edilmesi ve kullanılacak torik GİL hesaplamalarımıza bu öngörünün dahil edilmesi gerekecektir. Örneğin ameliyat öncesinde -2.00 D @ 90 derecede olan kornea astigmatizması, yine örneğin 130 dereceden 3.0 mm. kesi ile yaptığınız bir ameliyat sonrasında -2.25 @ 100 dereceye dönüştürilecektir. Bu durumda kullanılacak olan GİL'inin -2.00 D. yerine -2.25 D.'yi düzeltten bir torik GİL olması ve 90° yerine de 100°'ye yerleştirilmesi gerekecektir. İşte bu değişimin öngörülebilmesi için CNA değerinin hesaplama sayfalarına girilmesi ve sayfadaki yazılımlının da yaptığı vektör analizi ile yeni değerleri saptaması gereklidir.

CNA, kısaca cerrahın elde ettiği postoperatif kornea astigmatizmasından preoperatif kornea astigmatizmasından çıkarılması ile hesaplanır ve ortaya çıkan bu fark preoperatif değere eklenince ortaya çıkacak postoperatif nihai durum teorik olarak hesaplanmış olur. Ancak bu basit çıkartma işlemi her iki astigmatizmanın aynı aksa olması halinde doğru sonuç verir. Akslar farklı olduğunda ise aradaki

farkı bulmak vektör analizi yapmayı gerektirir. Hesaplama için; $CNA = \sqrt{(A_f \cos \alpha_f - A_0 \cos \alpha_0)^2 + (A_f \sin \alpha_f - A_0 \sin \alpha_0)^2}$ formülünü kullanmak gereklidir. Burada;

CNA = cerrahi nedenli astigmatizma (D)
 A_f = sonuç kornea astigmatizması (D)
 α_f = sonuç en dik kornea meridyeni açısı
 A_0 = başlangıç kornea astigmatizması (D)
 α_0 = başlangıç en dik kornea meridyeni açısı'dır.

Ameliyat öncesi ve sonrası farklılıklarını vektör analizi ile hesaplayarak kişisel CNA bulmak için günümüzde en uygun yöntem Dr. Warren Hill'in ilgili web sayfasını kullanmaktadır (<https://sia-calculator.com/>). Burada cerrah, sadece hastalarının yaşlarını, sağ ya da sol göz bilgilerini, önceden kornea cerrahisi geçip geçirmediğini, yaptığı kesilerin genişlik ve lokalizasyonlarını, ameliyat öncesi ve sonrası dik ve düz kornea meridyen ve dioptirik güçlerini, en az 20 hastada girekki kişisel CNA değerini hesaplayabilir. Bu hesaplamanın en önemli kazancı, sıra dışı olguların hesaplama dışında bırakılması için, ortalama veya ortanca değerlerden sentroid veriyor olmalıdır. Oldukça basit bir yöntem olmasına rağmen bir çok cerrah bu kişisel hesaplamayı yapmamaktadır. Bu durumda kolaylık sağlamak için şu bilgiler verilebilir: Dr. Warren Hill'e göre ortalama 2.5 mm. kesi ile yapılan ameliyatlarda kesi 90 derecede olduğunda CNA 0.6-0.8. iken aynı genişlikteki horizontal kesi uygulandığında bu değer 0.4-0.6. olmaktadır.

Pratik yaklaşımında, cerrahın torik GİL cerrahisine yeni başladığı ve henüz kişisel CNA değerlerini hesaplamadığı başlangıç dönemleri için kullanacakları kesi lokalizasyonlarına göre Tablo 8'de verilen şu değerleri girmeleri önerilebilir. (Bu değerler Waren Hill'in değerlerinden daha yüksektir)

Tablo 8: Kesi Genişliği ve Lokalizasyonlarına Önerilen Cerrahi Nedenli Astigmatizma Değerleri *

Kesi Genişliği ve Lokalizasyonu	Superior Kesi (70-110°)	Oblik Kesi (110-160°)	Temporal Kesi (160-200°)
2.2 mm. ve altı	0.75	0.50	0.25
2.2 - 2.8 mm.	1.00	0.75	0.50
2.8 - 3.5 mm.	1.25	1.00	0.75

* Dr. İzzet Can tarafından kişisel ölçümleri sonucu önerilmiştir.

Ameliyatta Kullanılacak Ana Kesi Lokalizasyonun girilmesi:

Cerrah kullanacağı kesinin lokalizasyonunu hesaplama sayfasına girmek durumundadır. Hesaplama sayfası, ameliyatla ortaya çıkacak CNA'yı ve dolayısı ile ameliyat sonrası korneanın yeni astigmatik durumunu belirlemek için vektör analizi yaparken bu bilgiye ihtiyaç duyar. Kesi yeri tercihinde 2 yaklaşım rol oynayabilir 1) Cerrahın alışkan olduğu ve devamlı kullandığı kesi yerini tercih etmesi 2) Hastanın kornea dik aksına en yakın bölgenin kullanılması. İkinci yaklaşım mevcut kornea astigmatizmasını azaltacağından kullanılacak torik GİL'nin torisitesini ve beklenen rezidüel astigmatizma değerlerini düşürür ve ameliyat sonrası rotasyon gibi nedenlerle oluşabilecek postoperatif surprizler karşısında daha affedici bir duruma imkan tanır. Esasında cerrah eğer ki pratiginde teknik zorluk çekmeyecek ise olabildiğince ameliyat öncesi keratometrik ölçümle belirlediği dik aksa yakın bir kesi yerini tercih etmelidir.

Torik GİL Hesaplama Sayfaları

Bugün bir çok torik GİL firması kendi web sayfaları üzerinden hesaplama yapılması imkanı sağlamaktadır. Bunların başlıcaları; Alcon www.acrysoftoriccalculator.com, Bausch + Lomb trulign.com/professionals/en-us/toriccalculator.aspx, Bausch + Lomb www.envista.toriccalculator.com, Carl Zeiss Meditec zcalc.meditec.zeiss.com/zcalc/, Johnson and Johnson, Tecnis [www.amoeeasy.com/calc](http://www.amoeasy.com/calc), Oculentis www.lentistoric.com/GB/Intro.aspx, Rayner Intraocular Lenses www.rayner.com/raytrace, STAAR Surgical www.staartoric.com, VSY www.easystoriccalculator.com/ dir.

Firma sayfalarında verteks mesafesi önemli bir hata faktörü olarak ortaya çıkmaktadır. Bilindiği gibi korneada ölçülen astigmatizmayı düzelticek miktar GİL seviyesinde daha fazla bir miktara karşılık gelmektedir. Bunu en iyi Alcon firmasının kornea – GİL düzlemi karşılık tablosunda görebiliriz (Tablo 9).

Tablo 9: Alcon Acrysof Torik GİL Modellerinde Karşılık Tablosu

AcrySof Toric GİL Modeli	Kornea Düzleminde Silindirik Güç	GİL Düzleminde Silindirik Güç	Önerildiği Korneal Astigmat
T2	0,68	1,00	0,50-0,89
T3	1,03	1,50	0,90-1,28
T4	1,55	2,25	1,29-1,80
T5	2,06	3,00	1,81-2,32
T6	2,57	3,75	2,32-3,00
T7	3,08	4,50	3,00-3,50
T8	3,60	5,25	3,50-4,00
T9	4,11	6,00	> 4,0 D.

Bu tabloda görüldüğü gibi örneğin kornea düzlemindeki (keratometrik yöntemlerle ölçtüğümüz) astigmatizma 1.55 D. ise GİL'de olması gereken düzeltici astigmatizma miktarı 2.25 D. olmalıdır (T4). Buradaki hesaplama çarpanı standart olarak 1.46'dır. Buna "sabit oran" denir. Kısaca $1.55 \times 1.46 = 2.26$ 'dır. Ya da başka deyişle 2.25'i 1.55'e bölerseniz 1.46 rakamı çıkar. Ancak verteks mesafesi etkisini hesaplamak için kullanılan bu 1.46 değeri özellikle uzun ve kısa gözlerde lensin yerini belirleyen ELP değiştiğinden önemli bir hata nedeni olabilir. Bu nedenle bazı firmalar öncelikle kendi hesaplama sayfalarında değişiklik yapmışlardır. Örneğin Oculentis uzun gözlerde 1.36 kısa gözlerde 1.30 çarpanını kullanırken, Rayner uzun gözlerde 1.44, kısa gözlerde 1.22 kullanmaktadır. Son dönemlerde bir çok firma ya da hesaplama sayfaları sabit oran yerine ELP'unu direk belirleyerek verteks hesaplamasından doğan hata payını gidermişlerdir. ELP kullanan web sayfaları arasında; Assort, Barrett, Holladay, Alcon Barrett, AMO (J&J), Hoya, Medicontur, Physiol, Rayner, Zeiss sayılabilir. Kısaca aksiyel uzunluğu uzun veya kısa olan gözlerde ELP kullanmayıp, sabit oran kullanan sayfalarda daha fazla hata payı olacağını unutulmamalıdır. Abulafia'da miyop ve yüksek astigmatlı gözlerde ELP'na dayanan ve sabit oranla yapılan ölçümler arasında ameliyat sonrası rezidüel astigmatizma farklılığının 0.70 D.'ye ulaşabileceğini bildirmiştir⁴⁷.

Bunların dışında bir çok web sayfasında kullanılmak istenen torik GİL markası girilerek hesaplama yapılabilmektedir. Başlıcaları; Assort toric calculator (www.assort.com), Barrett toric calculator

([www.ascrs.org/barrettotoric- calculator](http://www.ascrs.org/barrettotoric-calculator) ve www.apacrs.org/toric_calculator/Toric%20Calculator.aspx), Toric results analyzer (www.astigmatismfix.com), Holladay IOL Consultant (www.hicsoap.com) dir.

Assort toric calculator: Sferik eşdeğer (SE) ve torisite hesaplamaları için kullanılan bir online hesaplayıcıdır. SRK/T, Holladay, Hoffer Q ve Haigis formülleri ile çalışmaktadır. PKA'yi hesaba katan kornea topografik astigmatizması (CorT Total) parametresini ve ameliyat sonrası refraktif sürpriz durumunda GİL rotasyon ve GİL değişimi için çözüm üretmektedir⁴⁸.

Astigmatismfix.com: Yine torik GİL ile ameliyat sonrası refraktif istenmeyen sonuçlar karşısında sonuçları analiz eden ve ameliyat sonrası rezidüel astigmatizmayı düzeltici ikincil cerrahi rotasyon miktarını ve yönünü tahmin eden ve öneren bir sitedir.

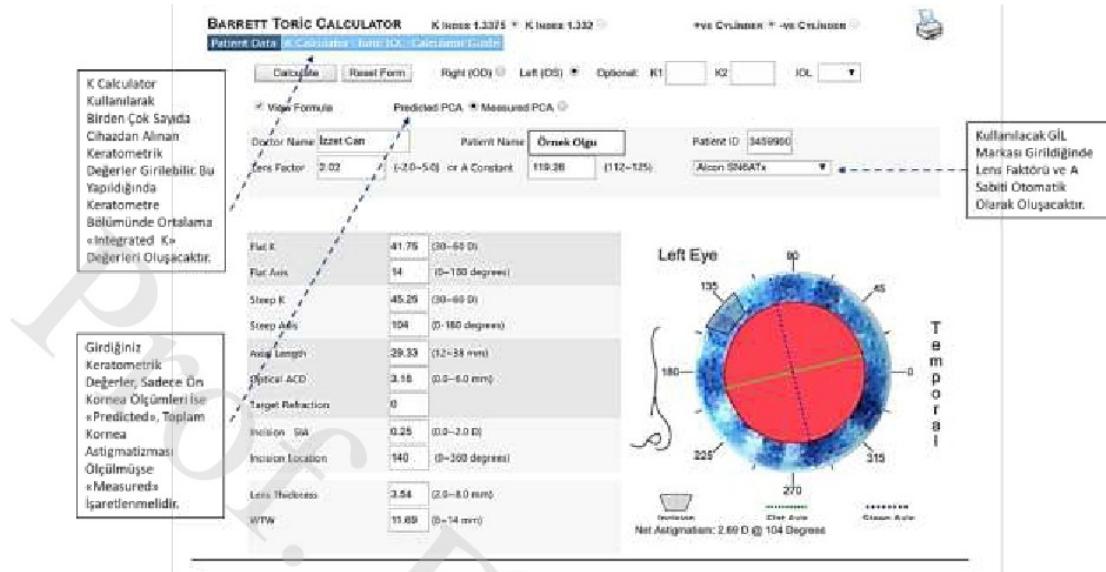
Barrett toric calculator: Hem online olarak ulaşılabilen hem de birçok optik biyometri cihazının içерdiği bir hesaplayıcıdır. Aynı anda sferik GİL gücünün de Barrett Universal II ile hesaplanması sağlanır. PKA'nın teorik bir modelle hesaba katılıp bunun üzerinden TKA'nın belirlenmesi olması bu hesaplayıcının günümüzde öne çıķıp, yaygın kullanılıyor olmasında en önemli paya sahiptir. PKA'nın algoritmik matematiksel hesaplanması sonucu kurala uygun kornea astigmatizmasında daha düşük, kurala aykırı kornea astigmatizmasında da daha yüksek torik güç belirlenmesine imkan tanır. Yine hesaplamalarında ELP'unu kullanır bu nedenle, kısa göz, dar ÖK, az LK için torik gücü azaltırken, uzun göz, derin ÖK, yüksek LK olgularında torik gücü artırır. CNA için de büyülüklük ve aks olarak centroid değerleri kullanır. Tüm bunlar hesaplayıcıyı kesi lokasyonuna daha az duyarlı hale getirir.

Hesaplayıcı, nihai GİL torisitesine ulaşmak için vektör hesaplamaları kullanmakta ve ameliyat sonrası beklenen sferosilikindirik refraksiyon durumunu ortaya koymaktadır. Yazılım Lenstar (Haag Streit) cihazı için optimize edilmiştir⁴⁸. Barrett hesaplayıcıya ek olarak Barrett Rx formülü de online olarak kullanılabilirmektedir. Bu formül de GİL değişimi, piggyback GİL ve ameliyat sonrası torik GİL rotasyon problemleri karşısında düzeltici önerileri sağlamaktadır.

Berrett Toric calculator, bu özellikleri ile bugün en az rezidüel astigmatizma veya refraktif tahmin hatası veren hesaplayıcılar arasında bildirilmektedir⁴⁹⁻⁵¹.

Bu çalışmalar arasında Skrzypecki ve ark.larının Polonya'dan IOLMaster 700 cihazı kullanarak yaptıkları çalışma ilginçtir⁵⁰. Burada Barrett torik hesaplayıcı, hem PKA'nın IOLMaster'la direk ölçülerek girilmesi ile ve hem de hiç ölçülmeden hesaplayıcı ile tahmin edilmesiyle kullanılmış ve aradaki fark araştırılmıştır. Sonuçta bir fark olmadığı görülmüştür. Çalışma, PKA'nın ölçülmemiş durumlarda da Barrett torik hesaplayıcısının ölçüldüğü durumlardan farksız başarılı sonuç verdiği göstergesi açısından önemlidir.

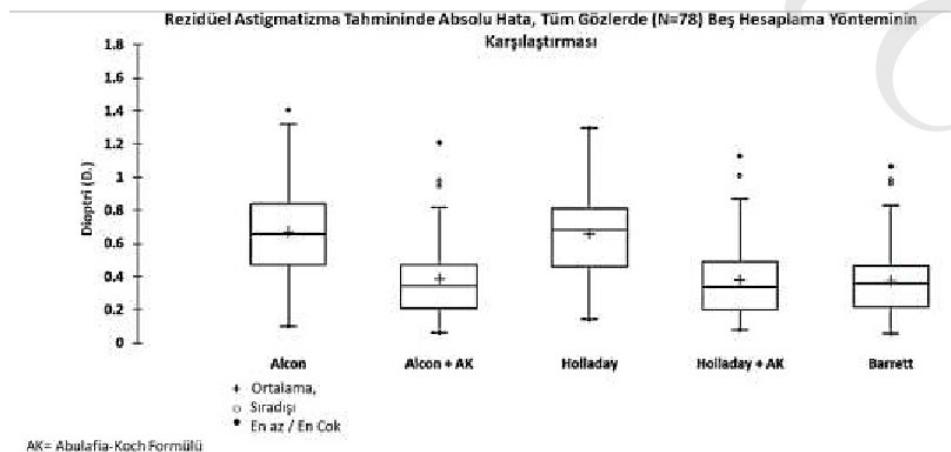
Barrett toric calculator'a ASCRS web sayfasından ulaşmak mümkündür. (<https://ascrs.org/tools/barrett-toric-calculator>). Sayfanın kullanımı oldukça basittir (Resim 17).



Resim 17: Barrett Torik Hesaplayıcısında Örnek Olguda Bilgi Girişи

PKA ölçülmemiş halde algoritmik hesaplamlarla bunu sanki ölçülmüş gibi teorik olarak hesaba katan, Barrett torik hesaplayıcı dışında, Abulafia-Koch ve Johnson & Johnson (Koch) isimli matematiksel formüller de vardır. Matematiksel formülleri ya da daha doğru adlandırmayla hesaplayıcıları kullanırken iki konuya akıldan çıkarmamakta fayda vardır. 1. Bu hesaplayıcılar sıra dışı kornealarda örneğin keratokonus veya transplant kornealarında kullanılmamalıdır 2. Önceden ölçümiş olsanız bile toplam kornea astigmatizma değeri hesaplayıcıya girilmemelidir. Aksi taktirde aynı hata iki kere düzeltilmiş olur.

Abulafia- Koch regresyon formülü, 2016'da tanımlanmıştır. Bu alanda kullanılabilen önemli bir alternatifdir. Standart keratometri ölçümüne dayanarak TKA'nın tahminini sağlamaktadır⁵¹. Physiol torik hesaplayıcısına da entegre edilmiştir. Yapılan çalışmalar Barrett torik hesaplayıcısı ile çok yakın değerlerde sonuç vermektedir^{51,52} (Resim 18).



Resim 18: Farklı hesaplama yöntemleri ile torik GİL uygulamalarında 78 olguda rezidüel astigmatizma sonuçlarının tahmininde absolu hataların grafik görünümü: En az hatanın Abulafia-Koch ve Barrett hesaplayıcıları ile alındığı görülmektedir. (Abulafia A. ve ark. New regression formula for toric intraocular lens calculations. J Cataract Refract Surg. 2016; 42: 663–671.)

Torik GİL Cerrahisi:

Torik GİL ile katarakt cerrahisi, geleneksel fakoemulsifikasyon cerrahisine ilave küçük farklılıkların gerçekleştirilemesini gerektirir. Bunlar;

1. Astigmatik dik aksın kornea üzerinde işaretlenmesi
 - a. Referans işaretleme
 - b. Aks işaretleme
2. İmplante edilen torik GİL'nin astigmatik aksa hizalanması 'dır.

Astigmatik Dik Aksın Kornea Üzerinde İşaretlenmesi ve Siklotorsyon Etkisine Karşı Önlem Alınması

İşaretleme işlemi, hastanın kornea astigmatizmasının ölçülmesi sırasında oturur pozisyonda ancak ameliyat sırasında yatar pozisyonda olması nedeniyle gerekmektedir. Çünkü hasta oturur pozisyonundan yatar pozisyonuna geçtiğinde gözlerde kişiden kişiye farklı miktarda siklotorsyon ortaya çıkmakta ve dik kornea aksi yer değiştirebilmektedir. Swami ve ark.ları lasik hastalarında siklotorsyonu ortalama $4.1^\circ(\pm3.7)$ olarak bildirmişler ve ayrıca hastaların %8'inde 10° ve üzerinde deviasyon olduğuna işaret etmişlerdir⁵³. Ancak daha yaşlı olan katarakt hastalarında verion cihazı ile yapılan sonraki bir çalışma daha detaylı veriler sağlamıştır⁵⁴. Yaş ortalaması 71.7 olan katarakt hastası grubunda oturur pozisyondan yatar pozisyonuna geçmekle oluşan siklorotasyon miktarı kadın hastalarda ortalama 4.66 ± 3.02 derece, erkek hastalarda 3.44 ± 2.52 derece bulunmuştur. Genel ortalama ise 4.05 ± 2.82 derecedir ve 3 derece ve üstü deviasyon % 63.6 oranında bildirilmiştir. Bir derecelik aks hatasının torik GİL cerrahisinde %3.3 astigmatik düzetmeyi azalttığı düşünülürse özellikle anlamlı rotasyon gösteren olgularda hesaba katılmadığı taktirde siklotorsyonun önemli bir hata kaynağı ve ameliyat sonrası rezidüel astigmatizma nedeni olacağı açıktır.

Ameliyat öncesi işaretleme iki basamaklı ve tek basamaklı olmak üzere iki türde yapılmaktedir;

- 1) İki basamaklı işaretleme: Hemen ameliyat öncesinde hasta oturur pozisyonda iken korneanın 3-9 ya da 12-6 kadranları işaretlenir (Resim 19). Buna referans işaretleme denir. Takiben ameliyat masasına alınan hasta silinip örtülüden sonra Mendez marker'ı veya LRI işaretleyici türü bir enstruman kornea üzerinde iken limbus'da işaretleyicinin 0° , 90° ya da 180° noktası referans işaretlemenin yapıldığı noktaya getirilerek ve o noktadan başlayarak önceden saptanmış dik aks işaretlenir (Resim 20).
- 2) Tek basamaklı işaretleme: Burada ameliyat öncesinde hasta dik pozisyonda iken direk olarak olara torik GİL'nin yerleştirileceği aks işaretlenir ve ameliyata geçirilir. Aks baştan işaretlendiğinden hasta yattığı zaman oluşan siklotorsyonun bir önemi kalmaz.

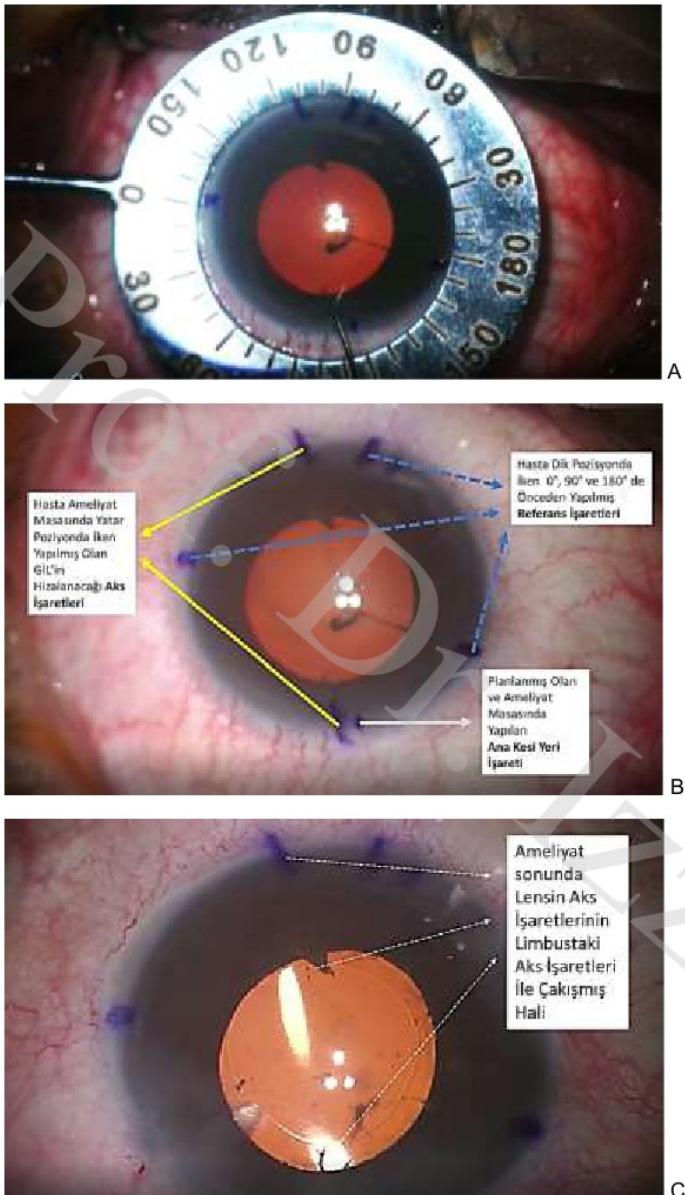
Manuel ve Otomatik İşaretleme Yöntem ve Cihazları

İşaretleme yöntemlerini manuel yöntemler ve otomatik yöntemler olarak sınıflayabiliriz.

Başlıca manuel yöntemler; slit-lamp, penduler, hava habbeciği ve tonometre teknikleridir.



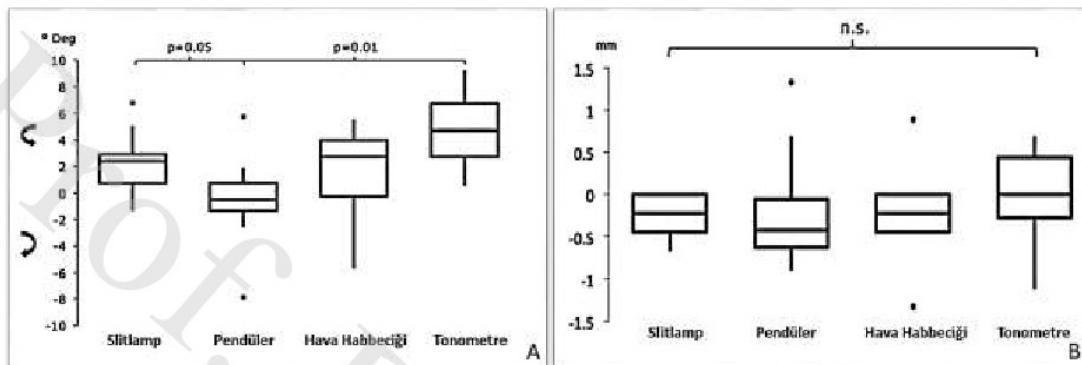
Resim 19: Manuel yöntemlerle referans işaretleme: 19A. Pendüler yöntem 19B. Slit-lamp yöntemi ile saat 3-9 kadranlarının işaretlenmesi



Resim 20: 20A: Aks işaretleme: Ameliyat başladığında ucu jansiyen viole ile boyanmış viol spatlüle torik GİL'in hizalanacağı aksın işaretlenmesi. Bu örnekde Mendez işaretleyicisinin 0, 90 ve 180 dereceli kadrانları önceden yapılmış referans işaretlere denk getirilerek torik GİL hesaplama sayfasının lensin yerlesimi için bu örnekte önerdiği 112 dereceye aks işaretleri konulmaktadır. 20B: İşlem sonrasında görülen işaretler ve anımları. 20C: Ameliyat sonu torik GİL işaretlerinin aks işaretleri ile çakıştırılmış olduğu başarılı olgu.

Manuel yöntemler, ucuz ve pratik olmaları nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Popp ve ark.larının 2012 tarihli çalışmaları manuel yöntemleri hata oranları yönünden karşılaştırmıştır⁵⁵. Bu

yöntemlerin hata paylarına bakıldığında; rotasyonel hatalar olarak pendüler işaretlemenin en az, slitlamp ile işaretlemenin de ikinci derecede az hatalı yöntem olduğu, vertikal olarak da slitlamp'ın birinci sırada, hava habbeciğinin de ikinci sırada az hatalı yöntem olduğu görülmektedir (Resim 21). Bu çalışmada her iki tip hata sıralamasında da az hatalı olarak görülen slitlamp yönteminin en başarılı yöntem olduğu görülmektedir.



Resim 21: Dört manuel referans işaretleme yönteminin hata oranları 21A: Derece olarak rotasyonel hata grafiği (pozitif: saatin ters yönünde, negatif: saat yönünde) B: Milimetre olarak vertikal hata grafiği (Popp N. ve ark.ları. Evaluation of 4 corneal astigmatic marking methods. J Cataract Refract Surg 2012; 38: 2094-2099.)

Manuel olarak kullanılan hata payını daha azaltıcı teknolojik yöntemlerle işaretleme yapan cihazlar da vardır. Bunlar arasında hem iki basamaklı hem tek basamaklı işaretleme yapabilen AxSys (Asico)'dan bahsedilebilir. Ayrıca tek basamaklı manuel işaretleme yapan Dr. Ertuğrul Can tarafından tasarlanmış Can pendular marker (Moria) da bu alanda yer almaktadır.

Otomatik yöntemler, hata ihtimalinin daha az olduğu ancak pahalı ve ilave teknolojiler gerektiren yöntemlerdir. Amerikan Katarakt ve Refraksiyon Cerrahları Birliği (ASCRS) 2015 anketi otomatik yöntemelerin cerrahların sadece %10'u tarafından kullanıldığını göstermiştir⁵⁶.

Otomatik yöntemler 1) imaj kılavuzlu ve 2) aberometre kılavuzlu yöntemler olarak ikiye ayrılabilir.

İmaj kılavuzlu cihazlar: Fotoğrafla astigmatik dik aksı görünür anatomik landmarklara göre (iris, konjonktiva damarları vs.) konumlandırır ve takiben bunu ameliyat içi görüntüleme sistemlerine aktarır. Aberometre kılavuzlu sistemlerde de intraoperatif olarak aberometre ile belirlenen astigmatik dik aksa cerrahın GIL'ni hizalaması sağlanır.

İmaj kılavuzlu yöntem kullanan cihazların başlıcaları; Callisto (Carl Zeiss, Germany), Verion (Alcon, Houston, TX) ve True Vision (True Vision Systems, Goleta, CA)'dır. Bu cihazlarla başarılı sonuçlar bildirilmiştir. Literatürde imaj kılavuzlu yöntemlerle manuel yöntemlere göre anlamlı hata azalması bildiren yayınlar vardır⁵⁷⁻⁶⁰. Ancak bazı cerrahlar bu cihazlarla ameliyat sırasında limbal damarlarda olan değişime bağlı endişeler taşımaktadırlar. Bu nedenle bir çok cerrahın bu cihazları manuel işaretleme ile kombine ederek kullanmakta olduğu ve bu şekilde hata payını 0.50 D. ve altına indirdiği bildirilmiştir⁵⁸.

İmaj kılavuzlu cihazlar aynı zamanda diğer işlevlere de sahiptir. Bu cihazların bazlarının genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

Callisto eye: Carl Zeiss firmasının bu cihazı işaretsiz olarak torik GİL implantasyonuna imkan tanımaktadır. IOLMaster 500 ve 700 tarafından tanımlanmış veri ve görüntüleri kullanarak, cerraha ameliyat mikroskopu okülerinden doğru akstan kesi, doğru büyülüklükte kapsüloreksis, işaretsiz torik GİL hizalaması ve ayrıca limbal gevşetici kesiler için kılavuzluk sağlar.

Verion: Alcon laboratuarlarının bu cihazı, GİL güç hesabı, cerrahi planlama ve ameliyat içi kılavuzluk sağlamaktadır. Verion referans ünitesi, verion planlayıcı ve verion digital işaretleyicisi isimlerinde 3 kompartmanı vardır. Ameliyat sırası izleme (tracking) amaçlı olarak; limbus, sklera damarları, iris ve pupil gibi anatomik lokalizasyonlar tanımlanır. Referans ünitesi ile elde edilen veriler, verion planlayıcıya aktarılır. Bu ünite cerrahi planlamayı yapar. Barrett Universal II and Barrett Toric Calculator de dahil olmak üzere tüm yaygın kullanılan GİL hesaplama formülleri bu ünitede mevcuttur. Ancak bir biyometre ile ölçülen AU'ğun bu bölüme yüklenmesi gerekmektedir. Takiben verion planlayıcındaki veriler verion digital işaretleyiciye yüklenir bu da bir ameliyat digital overlay'ı üreterek cerrahın ameliyat mikroskopunun okülerlerinden gerçek zamanlı olarak görünmesini sağlar. Görüntü kesi yerlerini, GİL yerleştirme aksını ve ayrıca kapsüloreksis kılavuzunu içerir. Önceden tanımlanmış anatomik verileri kullanmak sureti ile verion digital işaretleyici, otomatik olarak statik ve dinamik siklotorsiyonu düzeltir. Bu nedenle ameliyat öncesi işaretleme aşaması gereksiz hale gelir.

Aberometre kılavuzlu cihazlar: Bu sistemlerin yararı ameliyat öncesi ölçümleri doğrulamaları, daha kesin sonuç için ilave veri sağlamaları ve ameliyat öncesi ölçümlerin sağlıklı olamayabileceği sert katarakt, postrefraktif ve pediyatrik katarakt olgularında sonuç vermeleridir. Ayrıca PKA'yı hesaba katarak sonuç vermeleri de bir başka avantajlarıdır. Halen ticari olarak 2 sistem mevcuttur. ORA (Alcon, Irvine, CA) ve Holos (Clarity Medical Systems, Pleasanton, CA).

ORA, Talbot Moire interferometre kullanarak bir kafes paterni yaratmakta ve ölçüyü aberasyonları refraktif değerlere çevirmektedir. Dinamik aralığı -5 ila +20 D. arasındadır ve cerrahi sırasında gerçek zamanlı düzeltme sağlamaktadır. Holos cihazı ise tersine wavefront aberometre kullanıp prosedür boyunca sürekli kırma kusuru okumaktadır⁶¹. Bunlar en doğru ve tekrarlanabilir sonuçları hastanın afak hale geldiği ve ön kamaranın viskoelastik madde ile doldurulduğu durumda veririler⁶². GİL yerleştirildikten sonra hizalama işleminin doğruluğu yine bu cihazlarca denetlenir. Bir başka çalışma, intraoperatif aberometrik yaklaşımı cerrahın ameliyat öncesi belirlediği sferik değerlerin %25, silindirik değerlerin de %24 olguda değiştirilmesi gerektiğini koymuş ve bu yöntemle manuel yöntemlere göre 2.4 katı daha 0.50 D. ve altında rezidüel astigmata sahip oldukları bildirmiştir⁶³. Tüm bunlara karşın, kornea opasiteleri, kuru göz ve ölçüm anında 25 mmHg'nin altında kalan göz içi basınçları gibi sebeplerle aberometrik yaklaşımının başarısız kaldığı olgular da vardır ve bu gibi nedenlerle intraoperatif aberometreleri geleneksel yöntemlere göre çok da başarılı bulmayan yayınlar vardır^{64,65}.

Torik GİL'nin Yerleştirilmesi ve Hesaplanan Aksla Hizalanması

Ameliyatta GİL kapsül içine yerleştirildikten sonra, üzerindeki aks işaretlerinin daha önce belirlenmiş ve limbusa konulmuş işaretelerle hizalanması işlemi yapılır. Öncelikle loop haptikli lenslerde saatin aksi yönünde yaklaşık 10 derece içinde kaba bir eşleşme sağlanıp, lensin arkasındaki viskoelastik madde infüzyon aspirasyonla lensin arkasına da geçilerek tamamen temizlenir. Bu işlem özellikle hidrofobik ya da hidrofobik yüzeyli lenslerin arka kapsüle yapışmasına yol açar ve rotasyon ihtimalini azaltır. Daha sonra bir GİL çevirici ile saat yönünde rotasyonla lens işaretleri ve limbus aks işaretleri çakıştırılır. Loop haptikli lenslerde saat yönünde ilerlerken arzulanan hattı geçmemek gereklidir çünkü geçtiği takdirde

haptikler lens ekvatoruna takılacağı için saatin aksi yönünde geri düzeltme mümkün olmayıp en az 180 derece saat yönünde lensi çevirmek gerekecektir. Plate haptikler ise bu anlamda avantaj gösterirler ve her iki yönde de rotasyona imkan tanırlar. Lens arkasından viskoelastiği alırken, önce merkez, sonra sağ, en son sol taraftan almak idealdir. Ön kamaradan temizlenmesi ise en son aşama olmalıdır. Bir başka dikkat edilecek husus, ameliyatın sonunda yara yeri hidrasyonu yaparken gözü normal tansiyonda bırakmaya dikkat etmektir. Çünkü çok sert ya da çok yumuşak gözlerde GİL rotasyon eğilimi fazladır.

Ameliyat Sırasında Dikkat Edilecek Hususlar

Torik GİL için yapılan fakoemulsifikasyon ve GİL yerleştirilmesi ameliyatlarında özellikle dikkat edilmesi gerekecek hususları şu şekilde sıralayabiliriz. 1) Miyozis ameliyat sonrası GİL hizalamasında lens işaretlerinin görülmemesini zorlaştırbilecek bir durumdur. Bu nedenle ameliyatın başında intrakameral adrenalın kullanarak ameliyat sırasında oluşabilecek miyozisi engellemek yararlı olacaktır. 2) Ana kesi yeri seçimi, cerrahın genel alışkanlıklarına uygun ve mümkünse olabildiğince dik kornea aksına yakın bir yerden yapılmalıdır. Bu kullanılacak GİL torisitesini ve rezidüel kornea astigmatizmasını düşürecektr. 3) Kesi genişliği ideal olarak 2.2 mm. civarından yapılmalı hiç bir zaman 2.8 mm.'yi geçmemelidir. Kesinin genişlemesi CNA'yı artıracak ve vektör analizi ile hesaplama yapan hesaplama yazılımlarının hata payını artıracaktır. 4) Kapsüloreksisin düzenli ve merkezi olması çok önemlidir. İdeal çap 4.8-5.0 mm.'dır. Olmaması lensin eğimlenmesine ve desantralize olmasına yol açacak ve astigmatik düzeltmenin etkisini azaltacaktır. 5) Ameliyat sırasında zonüler laksite hissedilirse derhal bir kapsül germe halkası (KGH) yerleştirerek bu sorun giderilmelidir, yoksa bu durum ameliyat sonrası ciddi rotasyon ve astigmatik düzeltme etkisinin kaybedilmesi anlamına gelebilir 6) GİL arkası viskoelastik madde lensin arkasına da girilerek titizlikle alınmalıdır. Aksi lensin arka kapsüle yapışmamasına ve erken dönem GİL rotasyonuna yol açabilir. 7) Bazı ameliyat sonunda bir haptik uygun lokalizasyonda iken diğer olmayabilir. Buna parallax problemi denir. Bu durumda önce Purkinje yansımalarını kullanarak GİL'ni merkezileştirmek ve sorunlu haptiği rotasyone etmek gerekir. 8) GİL takıldıktan sonra çok hareketli ise viskoelastik madde alındıktan sonra GİL aşağı doğru bir instrumanla adeta pul yapıştırır gibi bastırılmalıdır. 9) Yara yerleri kapatılırken stromal hidrasyonu abartmamak gerekir ameliyat sonunda göz ne hiperton de ne hipoton bırakılmalıdır. Bu rotasyon nedenidir. 10) Drape kaldırıldıkten sonra ameliyat mikroskopundan bir kez daha bakılarak GİL aks çizgilerinin hızada olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Torik Göz İçi Lensleri:

Torik GİL'leri korneadaki torisiteyi nötralize etmek suretiyle refraktif astigmatizmayı (toplam astigmatizma) azaltan araçlardır.

Halen GİL pazarında onlarca markanın Torik GİL'leri vardır. Tablo 10 ve Tablo 11, torik ve multifokal torik lenslerin genel özellikleri hakkında bilgi vermek üzere hazırlanmıştır.

Tablo 10: Mevcut Torik GİL'lerinin Genel Özellikleri

Torik GİL Firma / Marka	Sferik Aralı (D.)	Silendirik Aralı (+D.)	Düzeletebileceği Kornea Astigmatizması Aralığı (D.)	Materyal	Şekil / Özelliğ	Optik / Tüm Çap (mm)	A- sabiti* Optik Akustik
Alcon Acrysof IQ Toric SN6ATx T2-T9	+6.0 - +34.0 (0.50)	1.50 / 6.0 (0.75)	0.75 - 4.11	Hidrofobik Akrilik	Loop Haptik, Bikonveks, Torik Düzeltme Arka Yüzeyde	6.0 / 13.0	119.2 118.4
AMO J&J Tecnis Toric ZCT	+5.0 - +34.0 (0.50)	1.50 / 6.0 (0.75)	1.03 - 4.11	Hidrofobik Akrilik	Loop Haptik, Bikonveks, Torik	6.0 / 13.0	119.3 118.8

					Düzelme Ön Yüzeyde, Asferik		
Bausch & Lomb Trulign Toric	+4.0 - +10.0 (1.00) +10.5-+33.0 (0.50)	1.25-2.75 (0.75)	0.83-1.83	Silikon Optik, Polimid Haptik	Plate/Loop Haptik, Torik Düzelme Arka Yüzeyde, Asferik	5.0 / 11.5	119.0
Bausch & Lomb enVista MX60T enVista MX60ET	+6.0 - +30.0 (0.50)	1.25-5.75 (0.75)	0.90-4.03	Hidrofobik Akrilik Glistening- Free	Loop Haptik, Bikonveks Torik Düzelme Arka Yüzeyde, Asferik	6.0 / 12.5	119.1 118.7
Biotech Eycryl Toric HFY 05-60	+10.0 - +30.0 (0.50)	1.0-1.50 (0.50) 1.50-6.0 (0.75)	0.68 -4.11	Hidrofobik Akrilik	Loop Haptik, Asferik	6.0 / 13.0	118.99 118.5
Hanita VisTor	0 - +30.0 (0.50)	1.50 - 10.0 (0.50)	1.02-6.84	Hidrofilik Akrilik	Plate Haptik, Ön Yüzey Torik, Asferik	6.0 / 11.0	117.7 117.3
Hoya iSert Toric 351 355 T2-T9	+10.0 - +30.0 (0.50)	1.0 - 1.50 (0.50) 1.50-6.0 (0.75)	0.69-4.17	Hidrofobik Akrilik	Loop Haptik, Bikonveks, Asferik	6.0 / 12.5	118.58 118.4
Hoya Vivinex Toric XY1A T2-T9	+10.0 - +30.0 (0.50)	1.0 - 1.50 (0.50) 1.50-6.0 (0.75)	0.69-4.17	Hidrofobik Akrilik Glistening- Free	Loop Haptik, Bikonveks, Anterior Asferik, Posterior Torik, Preloaded	6.0 / 13.0	118.9
Human Optics Torica-aA	-20.0-+59.0 (0.50)	1.0-30.0 (0.50)	0.68-20.50	Hidrofilik Akrilik, Glistening- Free	Loop Haptik, Anterior Yüzey Torik Ve Asferik	6.0 / 12.5	118.4 118.1
Medicontur Bi-Flex T toric 677 TA 677 TAY	-10.0 D - 1.0 (1.0) 0.0 D - +30.0 (0.50) +31.0 -+ 35.0 (1.0)	1.0 - 9.0 (0.75)	0.68-6.16	Hidrofobik Kopolimer Ve Hidrofilik Monomer %25 Su İçerikli	Loop Haptik, Bikonveks, Bitorik, Asferik	6.0 / 13.0	118.9
Morcher 89A Toric	+8.5 - +35.0 (0.50)	0.5-8.0 (0.50)	0.34-5.47	Hidrofilik Akrilik	Bag In The Lens, Sferik Optik	5.0/ 7.5	118.2
Oculentis Lentis T Plus	+10.0 - +30.0 (0.50)	1.50 / 5.25 (0.75)	1.02-3.59	Hidrofilik Akrilik, Hidrofobik Yüzey	Plate Haptik, Torik Ön Yüzey, Asferik	6.0 / 11.0	118.5
Ophtec Precizion Toric 565	+1.0 - +34.0 (0.50)	1.0 - 10.0 (0.75)	0.68-6.84	Hidrofilik Akrtlik	Loop Haptik, Bikonveks, Asferik	6.0 / 12.5	118.6 118.0
Physiol Ankoris	+6.0 - +30.0 (0.50)	1.50 / 6.0 (0.75)	1.02- 4.11	Hidrofilik Akrilik (%26 Su İçerikli)	Çift C Loop, Bikonveks Torik Asferik	6.0 / 11.4	118.95 118.73
Rayner T-flex 573T	+6.0 - +30.0 (0.50)	1.0 - 6.0 (1.0)	0.68-4.10	Hidrofilik Akrilik	Loop Haptik, Asferik	5.75 / 12.0	118.95
Rayner T-flex 623T	+6.0 - +30.0 (0.50)	1.0 - 6.0 (1.0)	0.68-4.10	Hidrofilik Akrilik	Loop Haptik, Asferik	6.25 / 12.5	118.95
Rayner Sulcoflex Toric 653 T	-3.0 - +3.0 (0.50)	1.0 - 3.0 (1.0)	0.68-2.05	Hidrofilik Akrilik	Loop Haptik, Anterior Konveks, Posterior Konkav	6.5 / 14.0	-
Rayner Sulcoflex Multifocal Toric 653 Z	-3.0 - +3.0 (0.50)	1.0 - 3.0 (1.0)	0.68-2.05	Hidrofilik Akrilik	Loop Haptik Anterior Konveks, Posterior Konkav	6.5 / 14.0	-
Staar AA4203-TF Toric	+21.5 - +28.5	2.0, 3.50	1.36-2.39	Silikon	Plate Haptik	6.0 / 10.8	118.64
Staar AA4203-TL Toric	+9.5 - +23.5	2.0, 3.50	1.36-2.39	Silikon	Plate Haptik	6.0 / 11.2	118.64

VSY Biotechnologies Acriva BB Toric T UDM 611	0.0 - +32.0 (0.50)	1.0 - 10.0 (0.50)	0.68-6.84	Hidrofobik Yüzeyle %25 Su İçerikli Hidrofilik	Plate Haptik, Asferik	6.0 / 11.0	118.3 118.0
VSY Biotechnologies Acriva Reviol BB Toric T MFM 611	0.0 - +32.0 (0.50)	1.0 - 10.0 (0.50)	0.68-6.84	Hidrofobik Yüzeyle %25 Su İçerikli Hidrofilik	Plate Haptik, Bifokal Torik, Asferik	6.0 / 11.0	118.3 118.0
Zeiss AT Torbi 709M	-10.0 - +32.0 (0.50)	1.0 - 12.0 (0.50)	0.68-8.21	Hidrofobik Yüzeyle %25 Su İçerikli Hidrofilik	Plate Haptik, Bitorik, Asferik	6.0 / 11.0	118.5 118.3
Zeiss AT Torbi 709MP	-10.0 - +28.0 (0.50)	1.0 - 4.0 (0.50)	0.68-2.73	Hidrofobik Yüzeyle %25 Su İçerikli Hidrofilik	Plate Haptik, Bitorik, Preloaded, Asferik	6.0 / 11.0	118.5 118.3

* Önerilen optik A sabiti değerleri çoklukla Hill-RBF hesaplama sayfasından alınmıştır, bunun dışında akustik A sabiti değerleri ve diğer bilgiler bulunıldığı kadarı ile firmaların kendi web sayfalarından alınarak kaydedilmiştir.

Tablo 11: Mevcut Multifokal Torik GİL'lerinin Genel Özellikleri

Multifokal Torik GİL Firma / Marka	Sferik Aralık (D.)	Silendirik Aralık (+D.)	Düzeletebileceği Kornea Astigmatizması Aralığı (D.)	Materyal	Şekil / Özelliğ	Optik / Tüm Çap (mm)	A- sabiti* Optik Akustik
Alcon Acrysof Panoptix Toric TFNTxx T2-T6	+6.0 - +34.0 (0.50)	1.50 / 3.75 (0.75)	0.75 - 2.56	Hidrofobik Akrilik	Loop Haptik, Bikonveks, Ön Yüzey Difraktif Torisite; Bikonik Arka Yüzey	6.0 / 13.0	119.21 118.4
AMO J&J Symphony Toric ZXT	+5.0 - +34.0 (0.50)	1.50-3.75 (0.75)	1.03 - 2.57	Hidrofobik Akrilik	Loop Haptik, Bikonveks, Torik Düzeltme Ön Yüzeye, Posterior Akromatik Difraktif Yüzey, Asferik	6.0 / 13.0	119.3 118.8
Human Optics Toricadiff	+10.0 - +30.0 (0.50)	1.0-6.0 (0.75)	0.68-4.11	Hidrofilik Akrilik, Glistening-Free	Loop Haptik, Anterior Yüzey Merkezi Difraktif, Periferi Refraktif, Arka Yüzey Torik Ve Asferik	6.0 / 12.5	118.4 118.1
Oculentis Lentis M Plus Toric LU-313 MF30T	0 - +36.0 (0.50)	0.25-12.0 (0.75)	0.17-8.21	Hidrofilik Akrilik, Hidrofobik Yüzey	Plate Haptik, Sektör Şekilli Multifokal, Asferik, Torik Arka Yüzey	6.0 / 11.0	118.5 118.0
Oculentis Lentis M Plus Toric LU-814 MF30T	0 - +36.0 (0.50)	0.25-12.0 (0.75)	0.17-8.21	Hidrofilik Akrilik, Hidrofobik Yüzey	Dört Loop Haptik, Sektör Şekilli Multifokal, Asferik, Torik Arka Yüzey	6.2 / 13.0	119.0
PhysIOL FineVision Toric PodFT	+6.0 - +35.0 (0.50)	1.0 - 1.50 (0.50) 1.50-6.0 (0.75)	0.68- 4.11	Hidrofilik Akrilik (%26 Su İçerikli)	Çift C Loop, Bikonveks Torik Trifokal Difraktif, Asferik	6.0 / 11.4	118.95 118.73
Rayner M-flex T toric 588F	+14.0 - +32.0 (0.50)	1.0 - 4.0 (1.0)	0.68-2.73	Hidrofilik akrilik	Loop haptik, Asferik, multifokal torik	6.25 / 12.5 5.75 / 12.0	118.7

Rayner M-flex T toric 638F	+14.0 - +32.0 (0.50)	1.0 - 6.0 (1.00)	0.68-4.10	Hidrofilik akrilik	Loop haptik, Asferik, multifokal torik	6.25 / 12.5 5.75 / 12.0	118.7
VSY Biotechnologies Acriva Trinova Toric	0.0 - +32.0 (0.50)	1.0 - 10.0 (0.50)	0.68-6.84	Hidrofobik yüzeyli %25 su içерikli Hidrofilik	Plate haptik, Trifokal difraktif torik, Asferik	6.0 / 11.0 118.3 118.0	
Zeiss AT Lisa Tri Toric 939MP	-10.0 - +28.0 (0.50)	1.0 - 4.0 (0.50)	0.68-2.73	Hidrofobik yüzeyli %25 su içерikli Hidrofilik	Plate haptik, Trifokal difraktif bitorik, Preloaded Asferik	6.0 / 11.0 118.8	
Zeiss AT Lisa Tri Toric 939MP	-10.0 - +28.0 (0.50)	1.0 - 4.0 (0.50)	0.68-2.73	Hidrofobik yüzeyli %25 su içерikli Hidrofilik	Plate haptik, bitorik, Trifokal, Preloaded difraktif, Asferik	6.0 / 11.0 118.8	

* Önerilen optik A sabiti değerleri çoklukla Hill-RBF hesaplama sayfasından alınmıştır, bunun dışında akustik A sabiti değerleri ve diğer bilgiler bulunıldığı kadarı ile firmaların kendi web sayfalarından alınarak kaydedilmiştir.

Alınan Klinik Sonuçlar:

Torik GİL'leri ile Alınan Sonuçlar

Anatomik Başarı (Ameliyat Sonrası Rotasyonel Stabilite):

İlk torik göz içi lens Shimizu tarafından 1992'de tasarlanmış ve uygulanmıştır³. İlk uygulanan lens üç parçalı bir PMMA lensi olup, 5.7 mm. kesi genişliğinden implante edilmiştir. Düzeltilmiş uzak görme keskinliği (DUGK) sonuçları kabul edilebilir düzeyde olsa da ameliyat sonrası dönemde 30 derece ve üzeri rotasyon %20, 10 derece ve üzeri rotasyon %50 oranında gerçekleşmiştir. Kısaca başlar başlamaz karşılaşılan ilk sorun lensin rotasyon yapması, dolayısı ile astigmat düzeltici etkisinin anlamlı derecede azalması olmuştur. İlk katlanabilir torik GİL 1994'de kullanılmıştır. Silikon materyalden üretilmiş, 3.2 mm. kesiden implante edilebilen bir lenstir⁴. Bu lenslerle tatminkar DUGK sonuçları alınmış olsa da rotasyon yine önemli bir problem olmaya devam etmiştir ve 10 derece ve üzeri rotasyon %20-30 oranlarında bildirilmiştir⁵⁻⁷. Buna karşın yine de Staar firmasının AA4203 model silikon plate haptik torik GİL'i Kasım 1998'de ilk FDA onayı alan torik lens olarak tarihe geçmiştir.

Sonraki gelişmeler genellikle postoperatuar rotasyon problemini azaltmaya yönelik tasarım ve materyal gelişmeleri ile ilgilidir. Bu süreçte 2008 yılından itibaren bir çok yayın Alcon firmasının tek parçalı Acryosof Toric lensleri ile ameliyat sonrası rotasyon miktarının 4 derecenin altına indiğini bildirmiştir^{8,9}.

Torik GİL'leri hidrofobik akrilik, hidrofilik akrilik, silikon veya PMMA biyomateryalleri ile üretilmiştir (Tablo 10 ve Tablo 11). İmplantasyon sonrası lensin kapsüler kese ile entegre olması, kapsüler kese içinde stabil ve hareketsiz kalması başarı için gerekli en önemli unsurlardır. Burada başta lensin biyomateryali ve ikinci derecede de fiziksel yapısı (büyüklüğü ve haptik tipi) rol oynayan faktörlerdir. Lensin kapsüle adezyonunun en iyi hidrofobik akrilik materyalle sağlandığı Lombardo ve ark.larının atom gücü mikroskopu ile yaptıkları çalışma ile ortaya konmuştur⁶⁶. Aynı çalışma hidrofobik akrilik materyali takiben sırasıyla hidrofilik akrilik, PMMA ve silikon materyallerin takip ettiğini bildirmektedir. Aköz hümörde bulunan fibronektin, vitronektin, kollajen tip IV maddeleri adezyondan sorumludurlar ancak bunlar içinde fibronektin'in en önemli role sahip olduğu düşünülmektedir⁶⁷. İnsan otopsi gözlerinden çıkarılan GİL'leri incelendiğinde akrilik lenslerde silikon ve PMMA olanlara göre daha fazla fibronektin bulunmuş olması da önceki bilgileri desteklemektedir⁶⁸. Rotasyonun önlenmesinde rol oynayan diğer önemli faktörler içinde, lensin tüm çapının ve haptik tasarımının olduğu da bildirilmiştir⁶⁹.

⁷¹. Chang'ın silikon materyalli plate haptikli Staar TF (10.8 mm. çaplı) ve TL (11.2 mm. çaplı) iki torik GİL'i kıyasladığı çalışması, uzun olan TL modelinin anlamlı olarak çok daha az ameliyat sonrası rotasyon gösterdiğini göstermiştir⁶⁹. Bilindiği gibi lenslerde genelde iki haptik modeli vardır; loop ve plate haptik. Haptik tasarımları kıyaslandığında Patel ve ark.ları, loop haptiklerin plate haptiklere göre postoperatif dönemde ortalama 6.8 dereceye 0.6 derece ile daha fazla rotasyon yaptıklarını bildirmiştir⁷⁰. Makale buna neden olarak loop haptiklerin kapsüller keseye asimetrik füzyon gösterdikleri iddia etmektedir. Ancak daha sonra yapılan bir başka çalışmada Prinz ve ark.ları loop ve plate haptikler arasında rotasyonel farklılık bulmamışlardır⁷². Sonuçta akrilik materyalli torik GİL'lerin loop ve plate haptiklerinin ameliyat sonrası rotasyon oranlarının farklı rotasyonel stabilite göstermedikleri söylenebilir⁷³.

İşlevsel Başarı:

Torik GİL'lerinin işlevsel başarısı genelde 3 ölçüt dikkate alınarak belirlenmektedir: 1) Düzeltilmemiş uzak görme keskinliği 2) Rezidüel refraktif astigmatizma (RRA) ve 3) Gözlükten bağımsızlık sağlanması.

Bu alandaki literatür rotasyon probleminin büyük oranda çözüldüğü 2007 yılları sonrasında 6-7 yıllık süreçte özellikle yoğunluk göstermektedir.

Düzeltilmemiş uzak görme keskinliği: Görsel başarıya yönelik sonuçlara bakıldığından, 20/40 ve üzeri görmenin farklı lenslerle %66-100, 20/25 ve üzeri görmenin %30-100 ve 20/20 ve üzeri görmenin de %5-63 arasında elde edildiğini görüyoruz⁷³. Kornea astigmatizması olan olgularda Acrysof toric ve torik olmayan monofokal lens kıyaslaması yapılan kontrollü bir çalışmada Holland ve ark.ları düzeltilmemiş ≤20/40 uzak görme keskinliğinin torik GİL grubunda %92, diğer grupta %81 elde edildiğini. ≤20/25 görme elde edilmesinin ise aynı sırayla %63'e %41 olduğunu bildirmiştir⁷⁴ (Tablo 12).

Rezidüel refraktif astigmatizma: Yine Holland ve ark.larının çalışması 1.0 D. ve daha az RRA'yi torik grupta %88, monofokal grupta %44 olarak bildirmiştir. 0.5 D. ve altında RRA ise sırasıyla %53 ve %24 oranlarında bulunmuştur⁷⁴. Literatür incelendiğinde 1.0 D'den az RRA'nın Acrysof toric lensleri ile %81-100 arasında, Staar ile %75-92 arasında, Light Adjustable Lensle (LAL) %100, Microsil ile %50, Morcher ile %96 oranlarında bildirildiği, 0.50 D'den az RRA'nın da Acrysof toric lensleri ile %53-92, Staar ile %48-49 arasında, LAL ile %100, Microsil ile %25, Morcher ile %67 oranlarında bulunduğu görülmektedir⁷³ (Tablo 12).

Gözlükten bağımsızlık: Holland ve ark.larının çalışması gözlükten bağımsızlık sağlanması, kontrol grubunda %36 iken, Acrysof toric grubunda %60 oranında vermektedir⁷⁴. Mingo-Botin ve ark.ları ise uzak için gözlük bağımsızlığını torik lenslerle %85 olarak saptamışlardır⁷⁵. Bu çalışmalar tek taraflı değerlendirmeleri gösterdiğinden bilateral değerlendirme yapan Lane⁷⁶ ve Ahmed'in⁷⁷ çalışmaları torik GİL ile uzakta gözlük bağımsızlığını sırasıyla %97 ve %69 olarak vermişlerdir.

Tablo 12: Literatürde (2007-2012) Torik GİL Sonuçlarının Değerlendirmesi⁷³

Torik GİL	Düzeltilmemiş Görme Keskinliği*			Rezidüel Refraktif Astigmatizma**	
	≤ 20/20 (%)	≤ 20/25 (%)	≤ 20/40 (%)	≤ 0.5 D. (%)	≤ 1.0 D. (%)
Acrysof	33	63	90	71	92
Staar	7	29	75	48	76
Microsil	12	33	72	25	50
Rayner	36	23	77	-	-
LAL [†]	33	80	100	100	100

Acri.Comfort	-	-	76	-	-
Morcher	54	75	92	67	96

*Acrysof 22, Staar 3, Microsil 2, Rayner 2, LAL 2, Acri.Comfort 1 ve Morcher 1 çalışmanın ortalaması,

**Acrysof 11, Staar 2, Microsil 1, LAL 2, ve Morcher 1 çalışmanın ortalaması, †LAL: Light Adjustable Lens

Multifokal Torik GİL'leri ile Alınan Sonuçlar

Multifokal torik GİL'lerinin son yıllarda kullanıma girmiş olması literatürde sınırlı sayıda bilgiye ulaşma imkanı vermektedir. Hayashi ve ark.ları ameliyat sonrası refraktif astigmatizmanın 0.50 D.'den itibaren görsel sonuçların etkilendiğini, 1.0 D. ve üzerinde de olumsuz etkinin anlamlı hale geldiğini bildirmiştir idi³⁵. Bu nedenle multifokal lenslerin torik versiyonlarının çıkması bu alandaki objektif ve subjektif başarının artması anlamında önemli bir kilometre taşı olmuştur.

Acri.Lisa (Carl Zeiss Meditec, Jena, Ger.) multifokal torik lensleri ile ilk çalışmalarında düzeltilmemiş uzak görme keskinlikleri, 0.04-0.12 logMAR aralığında bildirilmiştir, 20/40 ve üzerinde %97, 20/25 ve üzerinde %71 oranında düzeltmesiz uzak görsel sonuç alınmıştır⁷⁸⁻⁸⁰. Yine aynı çalışmada RRA, -0.5 ve -0.7 D. arasında bulunmuştur. Ayrıca gözlükten bağımsızlık da uzak, ara ve yakın mesafeler için sırasıyla %95, %79 ve %79 olarak rapor edilmiştir⁸⁰.

Yeni bir çalışmada AT LISA tri toric 939MP IOL (Carl Zeiss Meditec, Jena, Ger.9 ile geniş bir seride binoküler düzeltilmemiş uzak, ara ve yakın mesafe görme keskinliğinin ≤0.3 logMAR olması sırasıyla %99.0, %98.1 ve % 91.4 oranlarında bulunmuştur. Ameliyat sonrası 12. ay muayenelerinde ±0.50 D. silindir değeri de %79.7 gözde elde edilmiştir⁸¹.

Bir başka çalışmada ameliyat öncesi kornea astigmatizmaları 0.75-1.0 D. kurala uygun ve 0.50-0.75 D. arası kurala aykırı olan hastalara uygulanan AcrySof IQ ReSTOR Toric ve AcrySof IQ ReSTOR sonuçları karşılaştırılmıştır⁸². Ameliyat sonrası ortalama düzeltilmemiş uzak, ara ve yakın mesafe görme keskinlikleri torik multifokal lens grubunda sırasıyla 0.01 ± 0.05 , 0.05 ± 0.07 , 0.02 ± 0.07 logMAR iken, sadece multifokal olan ikinci grupta 0.08 ± 0.06 , 0.15 ± 0.12 ve 0.09 ± 0.08 logMAR bulunmuş, rezidüel astigmatizma ise grplarda sırasıyla 0.18 ± 0.07 D ve -0.91 ± 0.25 D bulunmuştur. Çalışma multifokal lenslerde torik düzeltme sağlanması sonuclarla olan anlamlı katkısını gösterir niteliktedir.

Torik GİL Komplikasyonları:

Ameliyat Sonrası Refraktif Rezidüel Astigmatizma ve Düzeltilmesi

Geleneksel fakoemulsifikasyon ve GİL implantasyon ameliyatından farklı olarak torik GİL ile yapılan ameliyatlarda bahs edilmesi gereken komplikasyon ameliyat sonrası rezidüel astigmatizma ile anlamlı kırma kusurunun açığa çıkmasıdır.

Ameliyat sonrası görülebilen istenmeyen bu komplikasyonun ameliyat öncesi ve ameliyatla ilgili 4 ana nedeni vardır.

1. Ameliyat öncesi ölçüm hataları
2. Korneadaki referans noktalarının hatalı işaretlenmesi

3. GİL'nin hatalı aksa yerleştirilmesi

4. CNA'nın hesaba hatalı olarak katılması

Ameliyat sonrası başlıca nedenler arasında GİL'in desantralizasyonu, tilt oluşması ve hepsinden de önemlisi kapsüler kese içinde stabil kalmayıp rotasyon göstermesidir.

Torik GİL, optiği üzerinde farklı meridyenlerde farklı dioptrik kırcı gücü olan lenslerdir. Ameliyat sırasında korneadaki kırmızı yüksek dik meridyen ile lensin korneadaki dik aksı nötralize edecek kadar dioptirk güç düşük olan meridyeni çakıştırır. Ancak ameliyat sırasında bu çakışma başarı ile gerçekleştirilemez ise ya da ameliyat sonrası dönemde lens rotasyon yaparak konulduğu aksın dışına çıkarsa nötralize edici etkisi azalır. Teorik hesaplamalar 1 derece aks dışı kalmanın astigmatik düzeltme etkisini %3.3 azaltacağını, 30 derece rotasyon durumunda da torik GİL'nin astigmatik düzeltme yönünde etkisinin hiç kalmayacağını göstermektedir⁸³.

<0.50 D. rezidüel refraktif astigmatizma (RRA), torik GİL ile yapılmış ameliyatların yaklaşık %70'inde görülen bir durumdur^{73, 77, 84}. RRA için en önemli rol oynayan etken lensin rotasyonudur. Ortalama rotasyon 5° civarındır, 10° nin üzerinde rotasyon nadir görülür ve kullanılan GİL modeline göre değişerek %3-20 oranları arasında bildirilmişlerdir⁷³ (Tablo 13). Bir çok çalışma ile çoğu torik GİL'nin ilk 14 günde rotasyon gösterdiği ve 1 aya kadar stabil hale geldiği rapor edilmiştir^{71,85,86}. Ameliyat sonrası rotasyon için aksiyel uzunluğun fazla olduğu yüksek miyop gözler ve lensin 6-12 hattına konulduğu kurala uygun astigmatlı oglular daha riskli bulunmaktadır.

Potvin ve ark.larının çalışması, RRA ve rotasyon sorunu konusunda çözüm getiren astigmatism.fix web sayfasının geriye dönük analizini göstermektedir⁸⁷. Makale 2016 yılına kadar olan yaklaşık 3000 cerrahın 35846 başvurusuna ait sonuçları değerlendirmiştir. Bu çalışmada özellikle 4 grup lens ele alınmıştır. AcrySof® Toric, (Alcon Laboratories, Inc, Fort Worth, TX, USA), Tecnis® Toric, (Abbott Medical Optics Inc., Santa Ana, CA, USA), Staar® Toric, (Staar Surgical Company, Monrovia, CA, USA), Trulign® Toric, (Bausch & Lomb Surgical, Inc., Rancho Cucamonga, USA). Sadece Tecnis grubu anlamlı derecede saatin aksi yönünde rotasyon gösterirken diğerlerinde yön bakımından anlamlı farklılık bulunmamıştır. Dezoriyente olma Tecnis grubunda Acrysof'a göre daha fazla görülmüş, ancak her ikisinin de Staar ve Trulign grubuna göre daha fazla dezoriyente oldukları da ayrıca rapor edilmiştir.

Bir meta analiz çalışmasında dezoriyente durumda torik lenslerin ameliyatla tekrar pozisyonu edilmesi gereği %1.1 olarak bulunmuştur⁸⁸.

Rotasyon konusunda çok geniş kapsamlı bir başka çalışma Lee ve Chang tarafından yapılmıştır⁸⁹. Burada 626 olguda Acrysof toric, 647 olguda Tecnis toric lensi 18 ayı aşan bir takip süresince kıyaslanmıştır. Acrysof grubunda <5° rotasyon %91.9, Tecnis grubunda %81.8 oranında, ortalama rotasyon ise sırası ile 2.72° ve 3.79° olarak bulunmuştur. Repozisyon etme gereği Acrysof grubunda %1.6, Tecnis grubunda %3.1 bulunmuş ve Acrysof grubunun aksine Tecnis grubunda anlamlı derecede saatin aksi yönünde rotasyon yapma eğilimi saptanmıştır.

Tablo 13: Literatürde (2007-2012) Torik GİL Sonuçlarının Değerlendirmesi⁷³

Torik GİL	> 10° Rotasyon (%)
Acrysof	3
Staar	20

Microsil	9
Rayner	13
Acri.Comfort	0
LAL†	0

*Acrysof 19, Staar 4, Microsil 2, Rayner 2, LAL 2, Acri.Comfort 1 ve LAL 1 çalışmanın ortalaması,

**Acrysof 11, Staar 2, Microsil 1, LAL 2, ve Morcher 1 çalışmanın ortalaması, †LAL: Light Adjustable Lens

Kapsül Germe Halkası (KGH) ve Torik GİL

Rotasyonun azaltılması amacıyla KGH kullanılması tartışılan bir konudur. Zonuler zaafiyet ve problemlerinin varlığında KGH endikasyonu varlığı tartışmasız bir durumdur. Özellikle pseudoeksfoliasyon sendromu, yüksek miyopi ve sublükse lens durumlarında desantralizasyon, tilt gibi sorunlardan kaçınmak amacıyla kullanılması çok yararlı olacaktır⁹⁰. Ancak ilave sorunları olmayan kornea astigmatlı gözlerde torik GİL ile KGH kullanımı tartışmalı halini sürdürmektedir^{91,92}. Hindistan'dan prospектив randomize 50 olguluk bir çalışmada, Euroflex torik GİL'eri uygulanan hastalarda 3 aylık takip sonrasında ortalama rotasyon açısından KGH'lı grup lehine ($1.85 \pm 1.72^\circ$) KGH takılmayan hasta grubuna ($4.02 \pm 2.04^\circ$) kıyasla anlamlı farklılık görülmüştür⁹³. Bir başka cohort çalışmada yüksek miyop hastalarda 16'shar olguluk KGH takılan ve takılmayan torik GİL grupları kıyaslanmış ameliyat sonrası rezidüel astigmatizma ile ameliyat öncesi hesaplanan tahmini rezidüel astigmatizma arası farkın KGH takılan olgularda istatistikî anlamlılık göstermeyecek kadar az olduğu, KGH takılmayan olgularda ise farkın anlamlı derecede fazla olduğu saptanmıştır⁹⁴. Ancak farklı sonuç veren başka çalışmalar da vardır. Örneğin Hahn ve ark.larının hidrofobik bir lens olan Tecnis toric lensleri ile yaptığı ,90 hastada KGH takılan ve 89 hastada takılmayan olguların 3 aylık takiple kıyaslamasında görsel sonuçlar, rotasyon miktarları, absolu silindirik deviasyon ortalaması sonuçları arasında fark olmadığı rapor edilmiştir⁹⁵.

Sonuç olarak şu söylenebilir ki aksiyel uzunluğun fazla olduğu yüksek miyop gözler dışında KGH halkasının rotasyonu azaltacağı yönündeki bilgileri ihtiyatla karşılayıp özellikle lenslerin materyal özellikleri, loop tasarımları ve çapları gibi fiziksel özellikleri ile birlikte düşünülmesi doğru olacaktır.

Ameliyat Sonrası Rotasyon ve Rezidüel Refraktif Astigmatizmanın (RRA) Düzeltilmesi

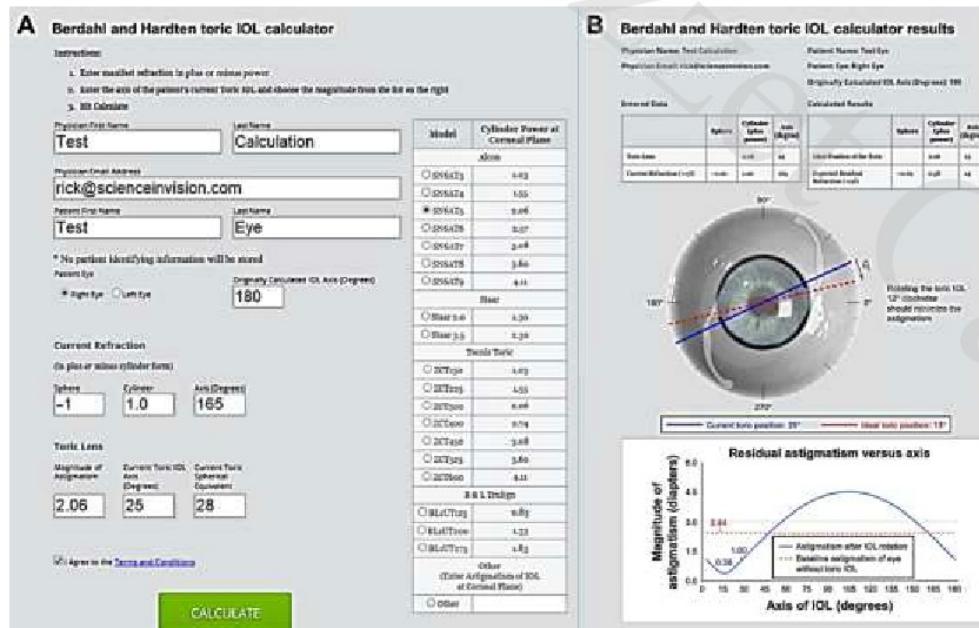
Postoperatif dönemde anlamlı RRA, tilt ve desantralizasyon dışında lensin rotasyon ile aks dışına çıkmamasına, yanlış aks ve dioptri hesaplanması ve yanlış aksa yerleştirilmesine bağlı olarak ortaya çıkabilir. RRA kabul edilemez derecede anlamlı ise ameliyatla lens değişimine gidilmesi kaçınılmaz olabilir. Reoperasyon gerektirecek ameliyat sonrası rotasyonlar lens üretim ve materyallerindeki gelişmeler sonrasında oldukça nadir görülmekte ve bildirilmektedir. Tecnis toric lensleri ile sonuçları rapor eden bir başka makale, 172 gözde sadece 4 olguda (%2.3) yeniden hizalama operasyonu gerektiğini bildirmiştir⁹⁶. Oshika ve ark.ları, 6431 olguluk geniş bir torik GİL serisinde 42 gözde (%0.65) lenslerin yeniden pozisyonlandırılması cerrahisine ihtiyaç duyulduğunu bildirmiştir⁹⁷. Bir başka çok merkezli çalışmada Alcon Toric lensleri ile 256 gözden sadece birinde reopearsyona gidildiği bildirilmiştir⁷⁴.

Sıklıkla lenslerin ameliyattan sonraki ilk birkaç saat içinde az da olsa rotasyon gösterdiği bilinir. Ameliyat sonrası dönemde, müdahale öncesinde nihai durumu görebilmek için stabil hale gelmesinin beklenmesi gerekmektedir. Çok erken yapılan ameliyatlarda yeniden rotasyon olması, geciken ameliyatlarda da kapsüler kontraksiyon nedeniyle ameliyatın güçleşmesi ve komplikasyon oranının artması ihtimali

unutulmamalıdır. Rotasyone olmuş lensin cerrahi düzeltmesi için en iyi zamanın ilk ameliyattan bir ya da iki hafta sonra olduğu savunulmaktadır⁹⁷. Oshika ve ark.ları yapılan ilk ameliyattan sonra düzeltme ameliyatına kadar geçen süre ile sonuçta elde edilen başarı arasında negatif korelasyon bulmuş, ilk 6 günde yapılan ameliyatlar, 2. hafta yapılan ameliyatlara göre RRA'nın azalması açısından anlamlı derecede başarılı bulunmuşlardır. Miyake ve ark.ları⁹⁸ en iyi reposizyon ameliyatı sonuçlarını ilk ameliyattan ortalama 8.6 gün sonra aldıklarını yazarken, Novis⁹⁹ de silikon plate haptik lenslerle reoperasyonların birinci ve ikinci haftalarda yapılması gerektiğini kaydetmiştir.

Rotasyonun miktar ve yönünü anlamak için genellikle pupilla genişletildikten sonra slit-lamp ile alınmış digital retroilluminesyon fotoğrafları kullanılmaktadır.

Anlamlı refraktif hata karşısında uygulanabilecek 4 temel yaklaşımdan bahs edilebilir. 1) Reoperasyonla aks düzeltme 2) Kornea lazer refraktif cerrahi 3) Limbal gevşetici kesiler 4) GİL'nin değişimi. Son seçenek özellikle lensin sferik ekivalan değerinin hatalı olduğu yanlış hesaplanarak yerleştirilmiş lensler için ya da reoperasyonla aks düzeltmesinin yararlı olmayacağı düşünüldüğü durumlarda uygulanır. Aradan zaman geçtiği reoperasyonun güçlüğü stabil durumlarda ve sferik ekivalan değerin istenen hedeften fark gösterdiği durumlarda kornea lazer refraktif girişimleri (Lasik ya da PRK) daha doğru olabilir. İlk iki hafta içinde durum stabbileşmiş ise aks düzeltme ameliyatları ilk tercih olarak kabul edilir. Limbal gevşetici kesiler ise RRA'nın az olduğu ve sferik ekivalan değerin hedefe yakın olduğu durumlarda nadiren tercih edilen bir yöntemdir. Ne yönde ve ne miktarda düzeltme yapılacağına hesaplaması için en yaygın kullanılan yöntem "Berdahl and Hardten toric IOL calculator ve toric back-calculation web sitesi"dir (astigmatismfix.com, Ocular Surgical Data LLC, Sioux Falls, SD, USA). Burada yapılan ilk ameliyatta kullanılan lensin markası, lensin hizalanmak istediği aks gibi bilgiler girilerek yapılacak reoperasyonun planlaması yapılabilir⁸⁷ (Resim 22).



Resim 23: Berdahl and Hardten toric IOL calculator ve toric back-calculation web sitesi (astigmatismfix.com, Ocular Surgical Data LLC, Sioux Falls, SD, USA) rezidüel astigmatizma ile karşılaşan cerrahlara kullanılan GİL'nin özelliklerinin girilmesi sonrasında rezidüel astigmatizmayı gidermek için reoperasyonla lensin ne yönde ne kadar oryante edileceği hakkında bilgi veren bir sitedir. 23A: Bilgi giriş sayfası 23B: Sonuç ve önerilen cerrahi planlama sayfası

Repozisyon Ameliyat Tekniği

Uygulama özellikle ameliyatın ilk haftalarında ise oldukça kolaydır ancak her geçen gün kapsüler kontraktür ihtimali artsa da ilk 6 ya da 12 ay içinde önemli bir zorlukla karşılaşılmadan yapılmasının mümkün olduğu da bilinmelidir. Uygulanmış olan lens materyalinin kaygan olması, haptiklerinin kapsüler kese ölçülerine göre küçük olması ya da kapsüler kesenin lense göre büyük olması, ilk ameliyatta lens gerisinde viskoelastik kalmış olması veya yara yerlerinden sizıntı vitreusun baskısı ile lensde rotasyona yol açıyor olabilir. Cerrah ameliyatı sırasında bu olasılıkları akla getirmeli ve ihtiyal varsa bunlara karşı önlem almalıdır. Örneğin büyük göz ya da büyük kapsüler kese durumlarında KGH kullanılması düşünülebilir. Ayrıca kapsüler kesenin sirküler değil eliptik olduğu lensin daha uzun aksa doğru hareket etme eyyliminde olabileceği de unutulmamalıdır. Ameliyat sırasında pupillanın küçülebileceği ve lens üzerindeki aks işaretlerinin görülmesinin zorlaşabileceği akla getirilmeli intrakameral adrenalin kullanımı düşünülmelidir.

Lensin getirileceği doğru aks limbusda titizlikle işaretlenmeli, bir yan port açılarak ön kamaraya girilmeli kapsül viskoelastik madde ile doldurulmalıdır. Varsa kapsüler adezyonlar temizlenmelidir. Bu sırada lens desantralize edilmemeli ve kapsüloreksis sınırından öne getirilmemelidir. Daha sonra bir GİL çeviriçi yardımı ile lens belirlenen yerine döndürülmelidir. İşlem bitirilirken viskoelastik madde lensin önünden ve arkasından titizlikle temizlenmeli, kesi yeri hidrate edilirken göz ne hipoton ne de hiperton olacak şekilde bırakılmalıdır. Hastanın drape'i çıkarıldıkten sonra ameliyat mikroskopundan son bir kez hizalamanın doğruluğu kontrol edilmelidir.

Sonuç:

Torik GİL cerrahisi, toplumda çok yaygın görülen kornea astigmatizmasını katarakt ameliyatı sırasında gidermek ve bu yolla görsel başarı, gözlükten bağımsızlık gibi katarakt cerrahisinin refraktif cerrahiye dönüşmesi sürecinde kazanımlar sağlayan son derece başarılı olabilen bir yöntemdir^{73,88}. Uygulama geleneksel küçük kesili fakoemulsifikasyon ve GİL implantasyonu ameliyatına göre çok küçük farklılıklar göstermektedir. Ameliyat hazırlığı aşamasında, kornea astigmatizmasının posterior kornea astigmatizması gibi detayların da hesaba katılarak doğru ve kesin ölçülmesi, sonrasında yerleştirilecek olan lense ait parametrelerin hatasız hesaplanması ameliyatla ilgili başarıyı artıran önemli faktörlerdir. Bu hesaplamlar için her gün bir yeni ilave teknolojik gelişmelerin, ameliyatın başarısını anlamlı derecede artırdıkları açıklar. Ancak kullanılması önerilen cihazların maliyeti, her sağlık kuruluşunda bulunup bulunmaması gibi sorunlar ameliyatın mükemmel strateji ile yapılmasının önünde bir engeldir. Oysa astigmatizma yaygınlığı nedeni ile bir halk sağlığı sorunudur ve her katarakt ameliyatı öncesinde ve sonrasında dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir¹⁰⁰. Elde bahsi geçen ileri ve pahalı teknolojik olanaklar yoksa bile astigmatizmaya duyarsız kalmayıp basit strateji prensipleri ile hareket edilebileceği

unutulmamalıdır. Bu ameliyatların neredeyse otorefraktometre ölçümleriyle bile yapılabileceği, bu sayede çok sayıda hastaya ulaşarak astigmatizmayla savaşta yol alınabileceği hatırlanmalıdır.

Kaynaklar:

1. Ferrer-Blasco T, Montes-Mico R, Peixoto-de-Matos SC, Gonzalez-Mejome JM, Cervino A. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35: 70-75.
2. Hoffmann PC, Hütz WW. Analysis of biometry and prevalence data for corneal astigmatism in 23,239 eyes. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 1479-1485.
3. Shimizu K, Misawa A, Suzuki Y. Toric intraocular lenses: correcting astigmatism while controlling axis shift. *J Cataract Refract Surg* 1994; 20: 523-526.
4. Grabow HB. Early results with foldable toric IOL implantation. *Eur J Implant Refract Surg* 1994; 6: 177-178.
5. Sun X-Y, Vicary D, Montgomery P, Griffiths M. Toric intraocular lenses for correcting astigmatism in 130 eyes. *Ophthalmology* 2000; 107: 1776-1781.
6. Ruhswurm I, Scholz U, Zehetmayer M, Hanselmayer G, Vass C, Skorpik C. Astigmatism correction with a foldable toric intraocular lens in cataract patients. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26: 1022-1027.
7. Leyland M, Zinicola E, Bloom P, Lee N. Prospective evaluation of a plate haptic toric intraocular lens. *Eye* 2001; 15: 202-205.
8. Bauer NJC, de Vries NE, Webers CAB, Hendrikse F, Nuijts RMMA. Astigmatism management in cataract surgery with the AcrySof toric intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 1483-1488.
9. Chang DF. Comparative rotational stability of single-piece open-loop acrylic and plate-haptic silicone toric intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 1842-1847.
10. Pesudovs K, Weisinger HS. A comparison of autorefractor performance. *Optom Vis Sci* 2004; 81: 554-558.
11. Kawamorita T, Uozato H, Kamiya K, Bax L, Tsutsui K, Aizawa D, Shimizu K. Repeatability, reproducibility, and agreement characteristics of rotating Scheimpflug photography and slit-scanning corneal topography for corneal power measurement. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35: 127-133.
12. Menassa N, Kaufmann C, Goggin M, Job OM, Bachmann LM, Thiel MA. Comparison and reproducibility of corneal thickness and curvature readings obtained by the Galilei and the Orbscan II analysis systems. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 1742-1747.
13. Abulafia A, Koch DD, Holladay JT, Wang L, Hill W. Editorial. *J Cataract Refract Surg* 2018; 44: 1169-1173.
14. Sunderraj P. Clinical comparison of automated and manual keratometry in pre-operative ocular biometry. *Eye* 1992; 6: 60-62.
15. Manning CA, Kloess PM. Comparison of portable automated keratometry and manual keratometry for IOL calculation. *J Cataract Refract Surg* 1997; 23: 1213-1216.

16. Hill W, Osher R, Cooke D, Solomon K, Sandoval H, Salas-Cervantes R, Potvin R. Simulation of toric intraocular lens results: manual keratometry versus dual-zone automated keratometry from an integrated biometer. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 2181-2187.
17. Yong Park C, Do JR, Chuck RS. Predicting postoperative astigmatism using Scheimpflug keratometry (Pentacam) and automated keratometry (IOLMaster). *Current Eye Research* 2012; 37: 1091-1098.
18. Whang WJ, Byun YS, Joo CK. Comparison of refractive outcomes using five devices for the assessment of preoperative corneal power. *Clin Exp Ophthalmol* 2012; 40: 425-432.
19. Savini G, Barboni P, Carbonelli M, Hoffer KJ. Accuracy of Scheimpflug corneal power measurements for intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35: 1193-1197.
20. Shammas HJ, Hoffer KJ, Shammas MC. Scheimpflug photography keratometry readings for routine intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35: 330-334.
21. Lee H, Chung JL, Kim EK, Sgrignoli B, Kim TI. Univariate and bivariate polar value analysis of corneal astigmatism measurements obtained with 6 instruments. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 1608-1615.
22. Abulafia A, Barrett GD, Kleinmann G, Ofir S, Levy A, Marcovich AL, Michaeli A, Koch DD, Wang L, Assia EI. Prediction of refractive outcomes with toric intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 936-944.
23. Akman A, Asena L, Gungor SG. Evaluation and comparison of the new swept source OCT-based IOLMaster 700 with the IOLMaster 500. *Br J Ophthalmol* 2016; 100:1201-1205.
24. Kunert KS, Peter M, Blum M, Haigis W, Sekundo W, Schütze J, Büehren T. Repeatability and agreement in optical biometry of a new swept-source optical coherence tomography-based biometer versus partial coherence interferometry and optical low-coherence reflectometry. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 76-83.
25. Javal E. Memoires d'Ophtalmometrie: Annotes et Precedes d'une Introduction. Paris, France, G. Masson, 1890; 131.
26. Royston JM, Dunne MCM, Barnes DA. Measurement of posterior corneal surface toricity. *Optom Vis Sci* 1990; 67:7 57-763.
27. Dunne MCM, Royston JM, Barnes DA. Posterior corneal surface toricity and total corneal astigmatism. *Optom Vis Sci* 1991; 68: 708-710.
28. Prisant O, Hoang-Xuan T, Proano C, Hernandez E, Awwad ST, Azar DT. Vector summation of anterior and posterior corneal topographical astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28: 1636-1643.
29. Modis L Jr, Langenbucher A, Seitz B. Evaluation of normal corneas using the scanning-slit topography/pachymetry system. *Cornea* 2004; 23: 689-694.
30. Dubbelman M, Sicam VADP, vander Hijde GL. The shape of anterior and posterior surface of the aging human cornea. *Vision Res* 2006; 46: 993-1001.
31. Ho J-D, Tsai C-Y, Liou S-W. Accuracy of corneal astigmatism estimation by neglecting the posterior corneal surface measurement. *Am J Ophthalmol* 2009; 147: 788-795.
32. Koch DD, Ali SF, Weikert MP, Shirayama M, Jenkins R, Wang L. Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 2080-2087.

33. Tonn B, Klaproth OK, Kohnen T. Anterior surface-based keratometry compared with Scheimpflug tomography-based total corneal astigmatism. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015; 56: 291-298.
34. Ho JD, Liou SW, Tsai RJ, Tsai CY. Effects of aging on anterior and posterior corneal astigmatism. *Cornea* 2010; 29: 632-637.
35. Hayashi K, Manabe S, Yoshida M, Hayashi H. Effect of astigmatism on visual acuity in eyes with a diffractive multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 1323-1329.
36. Mol IE, Van Dooren BT. Toric intraocular lenses for correction of astigmatism in keratoconus and after corneal surgery. *Clin Ophthalmol* 2016; 10: 1153-1159.
37. Hashemi H, Heidarian S, Seyedian MA, Yekta A, Khabazkhoob M. Evaluation of the results of using toric IOL in the cataract surgery of keratoconus patients. *Eye Contact Lens* 2015; 41: 354-358.
38. Melles RB, Holladay JT, Chang WJ. Accuracy of intraocular lens calculation formulas. *Ophthalmology* 2018; 125: 169-178.
39. Mohan P, Chakrabarti. Intraocular lens power calculation in 2019: The cutting edge. *Kerala J Ophthalmol* 2019; 31: 191-201.
40. Drexler W, Findl O, Menapace R, Rainer G, Vass C, Hitzenberger CK, Fercher AF. Partial coherence interferometry: A novel approach to biometry in cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 1998; 126: 524-534.
41. Melike O, Totuk G, Aykan U. Repeatability of the new swept source optical biometer IOLmaster®700 measurements. *EC Ophthalmol* 2017; 7: 78-85.
42. Kurian M, Negalur N, Das S, Puttaiah NK, Haria D, Tejal SJ, Thakkar MM. Biometry with a new swept-source optical coherence tomography biometer: Repeatability and agreement with an optical low-coherence reflectometry device. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 577-581.
43. Eom Y, Kang SY, Song JS, Kim YY, MD, Kim HM. Effect of effective lens position on cylinder power of toric intraocular lenses. *Can J Ophthalmol* 2015; 50: 26-32.
44. Moon SC, Mohamed T, Fine HI. Comparison of surgically induced astigmatisms after clear corneal incisions of different sizes. *Korean J Ophthalmol*. 2007; 21: 1-5.
45. He Y, Zhu S, Chen M, Li D. Clinical study: comparison of keratometric corneal astigmatism power after phacoemulsification: clear temporal corneal incision versus superior scleral tunnel incision. *J Ophthalmol*. 2009; 2: 6-21.
46. Jin C, Chen X, Law A, Kang Y, Wang X, Xu W, Yao K. Different-sized incisions for phacoemulsification in age-related cataract. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2017, Issue 9. Art. No.: CD010510.
47. Krader CG. Managing astigmatism. Advances in power calculation methods enable good results in routine cases. *Eurotimes*. 2018; (Feb): 6.
48. Alpins N, Barrett GD, Hansen MS, Berdahl JP, Hardten DR, Holladay JT. Editorial spotlight May 2015. Innovative toric IOL calculators and how to use them. *CRST Europe* 2015.
49. Ferreira TB, Ribeiro P, Ribeiro FJ, O'Neill JG. Comparison of astigmatic prediction errors associated with new calculation methods for toric intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2017; 43: 340–347.
50. Skrzypecki J, Sanghvi Patel M, Suh LH. Performance of the Barrett toric calculator with and without measurements of posterior corneal curvature. *Eye* 2019; 33 : 1762-1767.

51. Abulafia A, Koch DD, Wang L, Hill WE, Assia EI, Franchina M, Barrett GD. New regression formula for toric intraocular lens calculations. *J Cataract Refract Surg*. 2016; 42: 663-671.
52. Ribeiro FJ, Ferreira TB, Relha C, Esteves C, Gaspar S. Predictability of different calculators in the minimization of postoperative astigmatism after implantation of a toric intraocular lens. *Clin Ophthalmol* 2019; 13: 1649-1656.
53. Swami AU, Steinert RF, Osborne WE, White AA. Rotational malposition during laser in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 2002; 133: 561-562.
54. Terauchi R, Horiguchi H, Ogawa T, Shiba T, Tsuneoka H, Nakano T. Posture-related ocular cyclotorsion during cataract surgery with an ocular registration system. *Sci Rep* 2020; 10 :2136.
55. Popp N, Hirnschall N, Maedel S, Findl O. Evaluation of 4 corneal astigmatic marking methods. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 2094-2099.
56. American Society of Cataract and Refractive Surgeons. Clinical Survey. 2015.
57. Cha D, Kang SY, Kim SH, Song JS, Kim HM. New axis-marking method for a toric intraocular lens: mapping method. *J Refract Surg* 2011; 27: 375-379.
58. Behshad S, Tucker J, Garg SS. Toric intraocular lens alignment: Manual versus automated alignment techniques for toric IOLs. *Int Ophthalmol Clin* 2016; 56: 71-84.
59. Elhofi AH, Helaly HA. Comparison between digital and manual marking for toric intraocular lenses: a randomized trial. *Medicine* 2015; 94: 1618.
60. Kim EC, Hwang KY, Lim SA, Yi R, Joo CK. Accuracy of toric intraocular lens implantation using automated vs manual marking. *BMC Ophthalmol*. 2019; 19; 169.
61. Krueger RR, Shea W, Zhou Y, Osher R, Slade SG, Chang DF. Intraoperative, real-time aberrometry during refractive cataract surgery with a sequentially shifting wavefront device. *J Refract Surg* 2013; 29: 630-635.
62. Huelle JO, Katz T, Druchkiv V, Pahlitzsch M, Steinberg J, Richard G, Linke SJ. First clinical results on the feasibility, quality and reproducibility of aberrometry-based intraoperative refraction during cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 2014; 98: 1484-1491.
63. Hatch KM, Woodcock EC, Talamo JH. Intraocular lens power selection and positioning with and without intraoperative aberrometry. *J Refract Surg* 2015; 31: 237-242.
64. Packer M. Effect of intraoperative aberrometry on the rate of postoperative enhancement: retrospective study. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 747-755.
65. Hemmati HD, Gologorsky D, Pineda R II. Intraoperative wavefront aberrometry in cataract surgery. *Semin Ophthalmol* 2012; 27: 100-106.
66. Lombardo M, Carbone G, Lombardo G, De Santo MP, Barberi R. Analysis of intraocular lens surface adhesiveness by atomic force microscopy. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35: 1266-1272.
67. Linnola RJ, Werner L, Pandey SK, Escobar-Gomez M, Znoiko SL, Apple DJ. Adhesion of fibronectin, vitronectin, laminin, and collagen type IV to intraocular lens materials in pseudophakic human autopsy eyes. Part 1: histological sections. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26: 1792-1806.
68. Linnola RJ, Werner L, Pandey SK, Escobar-Gomez M, Znoiko SL, Apple DJ. Adhesion of fibronectin, vitronectin, laminin, and collagen type IV to intraocular lens materials in pseudophakic human autopsy eyes. Part 2: explanted intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26: 1807-1818.
69. Chang DF. Early rotational stability of the longer Staar toric intraocular lens; fifty consecutive cases. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29: 935-940.

70. Patel CK, Ormonde S, Rosen PH, Bron AJ. Postoperative intraocular lens rotation: a randomized comparison of plate and loop haptic implants. *Ophthalmology* 1999; 106: 2190-2195.
71. Shah GD, Praveen MR, Vasavada AR, Vasavada VA, Rampal G, Shastry LR. Rotational stability of a toric intraocular lens: influence of axial length and alignment in the capsular bag. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 54-59.
72. Prinz A, Neumayer T, Buehl W, Vock L, Menapace R, Findl O, Georgopoulos M. Rotational stability and posterior capsule opacification of a plate-haptic and an open-loop-haptic intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 251-257.
73. Visser N, Bauer NJC, Nuijts RMMA. Toric intraocular lenses: Historical overview, patient selection, IOL calculation, surgical techniques, clinical outcomes, and complications. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 624-637.
74. Holland E, Lane S, Horn JD, Ernest P, Arleo R, Miller KM. The AcrySof toric intraocular lens in subjects with cataracts and corneal astigmatism; a randomized, subject-masked, parallel-group, 1-year study. *Ophthalmology* 2010; 117: 2104-2111.
75. Mingo-Botin D, Munoz-Negrete FJ, Kim HRW, Morcillo-Laiz R, Rebolloleda G, Oblanca N. Comparison of toric intraocular lenses and peripheral corneal relaxing incisions to treat astigmatism during cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 1700-1708.
76. Lane SS, Ernest P, Miller KM, Hileman KS, Harris B, Waycaster CR. Comparison of clinical and patient reported outcomes with bilateral AcrySof toric or spherical control intraocular lenses. *J Refract Surg* 2009; 25: 899-901.
77. Ahmed IIK, Rocha G, Slomovic AR, Climenhaga H, Gohill J, Gregoire A, Ma J; Canadian toric study group. Visual function and patient experience after bilateral implantation of toric intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 609-616.
78. Alio JL, Pinero DP, Tomas J, Plaza AB. Vector analysis of astigmatic changes after cataract surgery with implantation of a new toric multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 1217-1229.
79. Mojzis P, Pinero DP, Studeny P, Tomas J, Korda V, Plaza AB, Alio JL. Comparative analysis of clinical outcomes obtained with a new diffractive multifocal toric intraocular lens implanted through two types of corneal incision. *J Refract Surg* 2011; 27: 648-657.
80. Visser N, Nuijts RMMA, de Vries NE, Bauer NJC. Visual outcomes and patient satisfaction after cataract surgery with toric multifocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 2034-2042.
81. Piovella M, S. Colonval, A. Kapp, J. Reiter, F. Van Cauwenberge, J. Alfonso. Patient outcomes following implantation with a trifocal toric IOL: twelve-month prospective multicentre study. *Eye* 2019; 33: 144-153.
82. Hao J, Tan LZ, Li L, Bu SC, Ren XJ, Tian F, Zhang H. Comparison of visual quality in cataract patients with low astigmatism after ART2 or ReSTOR intraocular lens implantation. *Int J Ophthalmol.* 2019; 18: 424-428.
83. Felipe A, Artigas JM, Díez-Ajenjo A, García-Domene C, Alcocer P. Residual astigmatism produced by toric intraocular lens rotation. *J Cataract Refract Surg.* 2011; 37: 1895-1901
84. Agresta B, Knorz MC, Donatti C, Jackson D. Visual acuity improvements after implantation of toric intraocular lenses in cataract patients with astigmatism: a systematic review. *BMC Ophthalmol* 2012; 12: 41.

85. MiyakeT, KamiyaK, AmanoR, LidaY, Tsunehiro S, ShimizuK. Long- term clinical outcomes of toric intraocular lens implantation in cataract cases with preexisting astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 1654-1660.
86. Jampaulo M, Olson MD, Miller KM. Long-term Staartoricintraocular lens rotational stability. *Am J Ophthalmol* 2008; 146 :550-553.
87. Potvin R, Kramer BA, Hardten DR, Berdahl JP. Toric intraocular lens orientation and residual refractive astigmatism: an analysis. *Clin Ophthalmol* 2016; 10: 1829-1836.
88. Kessel L, Andresen J, Tendal B, Erngaard D, Flesner P, Hjortdal J. Toric intraocular lenses in the correction of astigmatism during cataract surgery: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology* 2016; 123: 275-286.
89. Lee BS, Chang DF. Comparison of the rotational stability of two toric intraocular lenses in 1273 consecutive eyes. *Ophthalmology* 2018; 125: 1325-1331.
90. Menapace R, Findl O, Georgopoulos M, Rainer G, Vass C, Schmetterer K. The capsular tension ring: designs, applications, and techniques. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26 : 898-912.
91. Weber CH, Cionni RJ. All about capsular tension rings. *Curr Opin Ophthalmol* 2015; 26: 10-15.
92. Wilkie DA, Stone Hoy S, Gemensky-Metzler A, Colitz CM. Safety study of capsular tension ring use in canine phacoemulsification and IOL implantation. *Vet Ophthalmol* 2015; 18: 409-415.
93. Rastogi A, Khanam S, Goel Y, Kamlesh, Thacker P, Kumar P. Comparative evaluation of rotational stability and visual outcome of toric intraocular lenses with and without a capsular tension ring. *Indian J Ophthalmol* 2018; 66: 411–415.
94. Zhao Y, Li J, Yang K, Li X, Zhu S. Combined special capsular tension ring and toric IOL implantation for management of astigmatism and high axial myopia with cataracts. *Semin Ophthalmol* 2018; 33: 389-394.
95. Hahn U, Krummenauer F, Schmickler S, Koch J. Rotation of a toric intraocular lens with and without capsular tension ring: data from a multicenter non-inferiority randomized clinical trial (RCT). *BMC Ophthalmol* 2019; 8: 19.143.
96. Waltz KL, Featherstone K, Tsai L, Trentacost D. Clinical outcomes of TECNIS toric intraocular lens implantation after cataract removal in patients with corneal astigmatism. *Ophthalmology* 2015; 122: 39-47.
97. Oshika T, Inamura M, Inoue Y, Ohashi T, Sugita S, Fujita Y, Miyata K, Nakano S. Incidence and outcomes of repositioning surgery to correct misalignment of toric intraocular lenses. *Ophthalmology* 2018; 125: 31-35.
98. Miyake T, Kamiya K, Amano R, Lida Y, Tsunehiro S, Shimizu K. Long-term clinical outcomes of toric intraocular lens implantation in cataract cases with preexisting astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 1654-1660.
99. Novis C. Astigmatism and toric intraocular lenses. *Curr Opin Ophthalmol* 2000; 11 : 47-50.
100. Sigireddi RR, Weikert MP. How much astigmatism to treat in cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2020; 31: 10-14.