



T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

**ŞAŞILIK CERRAHİSİNİN ORBSCAN
KORNEAL TOPOGRAFI ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİ VE ŞAŞILIK CERRAHİSİ SONRASI
REFRAKSİYON DEĞİŞİKLİKLERİ**

UZMANLIK TEZİ

DR. TUBA YELDA GÖKÇE BALCI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Seyhan Bahar ÖZKAN

AYDIN-2008

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

**ŞAŞILIK CERRAHİSİNİN ORBSCAN
KORNEAL TOPOGRAFI ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİ VE ŞAŞILIK CERRAHİSİ SONRASI
REFRAKSİYON DEĞİŞİKLİKLERİ**

UZMANLIK TEZİ

DR. TUBA YELDA GÖKÇE BALCI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Seyhan Bahar ÖZKAN

AYDIN-2008

TEŐEKKÜR

Tez çalıőmam ve eğitimim sırasında büyük desteğini gördüğüm tez danıőmanım değerli hocam sayın Prof. Dr. Seyhan Bahar ÖZKAN'a, eğitimime katkılarından dolayı Göz Hastalıkları Anabilim Dalı ğretim yeleri, değerli hocam sayın merhum Prof. Dr. Turgay AKTUNÇ ve değerli hocalarım Prof. Dr. Volkan DAYANIR, Prof. Dr. Sema Oruç DÜNDAR, Doç. Dr. Erkin KIR'a, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı'nda çalıőmaktan mutluluk duyduğum değerli araőtırma görevlisi arkadaşlarıma, klinik personeline ve ihtisasım sırasında desteğini hep yanında hissettiğim sevgili aileme ve eőime teőekkür ederim.

Dr. T. YELDA GÖKÇE BALCI

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
Giriş ve amaç	1
Genel bilgiler	
a. Topografi Tarihçesi	2
b. Kornea Yapısı ve Özellikleri	3
c. Korneal Topografi Cihazları	5
d. Topografik Veriler	8
e. Topografik Sunumda Kullanılan İstatiksel Değerler	12
f. Normal Kornea Topografisi	13
g. Kornea Topografisi ve Klinik Uygulamalar	14
h. Astigmatizma	15
ı. Orbscan	16
i. Orbscan Kullanım Alanları	28
j. Şaşılık Tedavisinde Uygulanan Cerrahi İşlemler	29
Gereç ve Yöntem	32
Bulgular	33
Tartışma	51
Sonuç ve öneriler	54
Özet	55
İngilizce isim ve özet	56
Kaynaklar	58

GİRİŞ VE AMAÇ

Orbital kitleler ve göz kapağındaki kitleler gibi glob etrafındaki dış kuvvetler, kuvvetin uygulandığı meridyende artan astigmatizma ile birlikte, korneal kurvatürde değişikliklere neden olur (1). Retina dekolmanında skleral çökertme de bazı gözlerde korneal astigmatizmaya neden olabilir (2).

Ekstraoküler kaslar da korneal topografi üzerinde bazı etkilere sahiptir. Literatürde, şaşılık cerrahisi sonrası refraktif değer değişikliklerini tanımlayan bazı yayınlar bulunmaktadır (3-8). Bu yayınlar retrospektif vaka serileri şeklindedir ve çoğunlukla astigmatizmada geçici değişiklik gösterilmiştir. Preslan ve arkadaşları şaşılık cerrahisinde prospektif olarak preoperatif ve postoperatif sikloplejik refraktif değerlerde değişiklikler olduğunu göstermiştir (9). Marshall (4), hastaların %60 'ında şaşılık ameliyatı sonrası korneal astigmatizma değişiklikleri saptamıştır. Bu değişikliklerin çoğu geçicidir ve kornea kurvatür değişikliklerine bağlanmıştır. Thompson ve Reinecke (3), horizontal kaslarda geriletme-rezeksiyon sonrası, 2 dioptriye kadar varabilen kurala uygun astigmatizma saptamışlardır. Bu durum bazı hastalarda kalıcı iken, çoğu hastada zamanla kaybolma eğilimindedir. Fix ve Baker (6), şaşılık cerrahisinden 1 yıl sonra 1 dioptri üzerinde astigmatik refraktif değişiklik tanımlamıştır.

Şaşılık cerrahisi sonrasında refraktif değerlerde oluşan değişikliklerin nedeni hala tam olarak bilinmemektedir. Cerrahi sırasında ekstraoküler kas insertiyolarının yerlerini değiştirmek, kornea üzerine uygulanan vektör kuvvetlerini değiştirebilir. Bu yeni vektör kuvvetleri, korneal kurvatürde ve astigmatik refraktif değerlerde değişiklikle sonuçlanabilir.

Orbscan korneal topografi, diğer konvansiyonel topografilerden farklı olarak, korneanın hem ön hem de arka kurvatürünü göstermektedir. Şaşılık cerrahisinin etkilerini, orbscan ile değerlendiren bir çalışma literatürde mevcut değildir.

Bu çalışmanın amacı prospektif olarak, şaşılık cerrahisi sonrası refraksiyon değişikliklerini ve şaşılık cerrahisinin orbscan korneal topografi üzerindeki etkilerini değerlendirmektir.

GENEL BİLGİLER

Topografi üç boyutlu bir cismin yüzey özelliklerini ve geometrisini tanımlamak anlamına gelmektedir. Herhangi bir refraktif cerrahi girişimi planlarken ve sonrasında oluşan

değişiklikleri incelerken kornea topografisini ya da yüzey geometrisini ayrıntılı olarak bilmek büyük önem taşır; çünkü topografi büyük ölçüde optik özellikleri de belirlemektedir. Bunun için kornea şeklinin tam olarak en doğru şekilde ölçülmesi günümüzde özellikle refraktif cerrahinin hızla gelişmesiyle büyük önem kazanmıştır (10).

TOPOGRAFI TARİHÇESİ

Korneanın asimetrik ve asferik olan şekli rutin muayene yöntemleriyle ayrıntılı olarak değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Bunun için oftalmologlar 1600'lü yıllardan başlayarak kornea şeklini ölçebilmek için klinik gereksinimler ışığında giderek gelişen değişik sistemler kullanmışlardır (10).

1619'da Scheiner, gözün yanına bir seri farklı eğrilikte konveks camlar koyarak ilk kez kornea şeklini ölçmeye çalışmıştır (11). 1820'de Cuignet, korneanın önüne konan ışıklı hedefin yansıyan görüntüsünü gözlemleyerek keratoskobu geliştirmiştir. En önemli problem kişinin görsel aksı ile ışık, hedef ve gözlemci arasındaki hizalamadır. 1882'de Antonio Placido, hedefin merkezine gözlem deliği koyarak, bu problemin üstesinden gelmiştir (12). Kornea ön yüzüne, merkezden başlayarak büyüklüğü giderek artan siyah ve beyaz halkaları düşürmüş ve bunların yansıyan görüntülerine bakarak astigmatizmayı kalitatif olarak ölçmeye çalışmıştır. Bu sistem günümüzde birçok topografi cihazının temelini oluşturmaktadır.

1854'te Helmholtz keratometreyi (oftalmometre) geliştirmiş ve bununla korneanın santral 3-4 mm'lik alanında iki meridyende eğriliği hesaplamıştır. 1889'da Javal, incelenen kornea alanını arttırmak için, keratometreye placido disk eklemiştir. Teleskopik göz merceği, ek olarak büyütülmüş keratoskopik görüntü avantajı sağlar. Fakat Javal, görüntüyü fikse etmek ve halkaların büyüklüğünü ölçmek gerektiğini fark etmiştir. Bu pratik bir yöntem değildir. 1896'da Gullstrand oluşan görüntülerin fotoğraflarını çekerek fotokeratoskopiye geliştirmiştir.

Yirminci yüzyılın ortalarından itibaren kontakt lenslerin kullanıma girmesiyle korneanın tüm şeklinin tam olarak anlaşılması daha büyük önem kazanmıştır, çünkü keratometre ile yapılan ölçümlerde alınan değerler yalnız normal korneaları olan ve düzenli astigmatizması olanlarda yeterli bilgi sağlayabiliyordu. Düzensiz kornea yüzeyi olan olgularda ise yetersiz kalıyordu.

Klyce placido halkalarından yararlanarak 1984'te videokeratoskobu geliştirdi (13). Böylece korneanın 3-4 mm'lik santral zonunun dışında midperiferik ve periferik (özellikle videokeratoskopta) kısımları hakkında da bilgi elde edilebilir hale geldi. 1980'lerden itibaren refraktif cerrahinin hızlı yol alması kornea ön yüzünün iki boyutlu analizinden çok üç boyutlu olarak analiz edilmesi ihtiyacını doğurdu. Bununla birlikte günümüzde son sistem olarak bilinen orbscan ve rasterfotogrametri gibi direkt olarak kornea kalınlığını ölçebilen cihazlar geliştirildi.

KORNEA YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

Kornea şeffaf, avasküler bir doku olup çevresel etkilere açıktır. Kornea ön yüzeyi gözyaşı film tabakası ile kaplı olup, arka yüzeyi hüümör aköz ile ilişkilidir. Ön kornea yüzeyi konveks ve asferiktir. Sklera ve konjonktiva, korneayı, üst ve altta mediyal ve laterale göre daha fazla örttüğü için, ön yüzey transvers olarak ovaldir. Arkadan bakıldığında ise kornea sferiktir (14-16).

Erişkinlerde ortalama kornea çapı horizontal meridyende 11-12 mm, vertikal meridyende ise 9-11 mm'dir. Merkezde kalınlığı yaklaşık 0.5 mm olup periferde gidildikçe kalınlığı artar ve periferde yaklaşık 0.7 mm'ye ulaşır (17). Kornea kurvatürü sabit değildir, merkezde en büyük iken periferde en küçüktür. Kurvatür yarıçapı, kornea merkezinde 7.5-8.0 mm arasındadır (15).

Korneanın sklerayla birlikte intraoküler basıncın idame ettirilmesi, intraoküler yapılara destek sağlanması, travma ve enfeksiyonlara karşı direnç sağlanması gibi temel yapısal fonksiyonları vardır. Korneanın bu yapısal fonksiyonları yanında, saydamlığı sayesinde ışığın retinaya geçişine izin vermek ve kırıcılığı ile ışığın retinaya odaklanmasını sağlamak gibi görme üzerinde önemli rolü vardır (10).

Korneanın optik özellikleri; saydamlık, yüzey düzgünlüğü, kontürü ve refraktif indeksi ile belirlenir.

Kornea gözün toplam kırıcılık gücünün üçte ikisini oluştururken geri kalan üçte birlik kısım ise lensten sağlanır. Işığın seyri boyunca en büyük refraktif etki hava – gözyaşı film tabakası (kornea ön yüzü) arası geçişte sağlanır. Çünkü ışığın gözdeki seyri boyunca en büyük refraktif indeks değişimi burada meydana gelir [hava refraktif indeksi ($n_1 = 1.0$), kornea

refraktif indeksi ($n_2 = 1.376$]). Normal kornea ön yüzünün ortalama eğrilik yarıçapının (r_A) 7.8 mm olduğu kabul edilirse kornea ön yüzünün kırıcılık gücü ($P_ö$) ortalama 49.5 D'dir ($P_ö = n_2 - n_1 / r_A$). Kornea arka yüzünün ortalama eğrilik yarıçapı (r_P) yaklaşık 6.7 mm dir, yani arka yüzün öne göre dikliği daha fazladır. Bu korneanın periferde merkeze oranla daha kalın olmasından meydana gelmektedir. Işığın korneadan aköze geçmesi sırasında diverjans meydana gelir çünkü korneanın refraktif indeksi (n_2) aköz refraktif indekse ($n_3 = 1.336$) göre daha büyüktür. Bunun için kornea arka yüzünün kırıcılığı (P_a) ortalama -6.0 D'dir ($P_a = n_3 - n_2 / r_P$). Eğer $P_k = P_ö + P_a$ ise, ($P_k = (n_2 - n_1 / r_A) + (n_3 - n_2 / r_P)$) formülünde yerine koyarsak santral korneanın net kırıcılık gücü ortalama 43.5 D'dir.

Eğrilik yarıçapı kornea kırıcılığını belirler; aralarında basit ve doğrusal bir ilişki vardır. Kornea ne kadar dik (eğrilik yarıçapı küçük) ise kırıcılık o ölçüde yüksektir. Aynı şekilde kornea düzleştikçe korneanın kırıcılığı azalır.

Kornea topografi cihazlarıyla ön yüzün eğrilik yarıçapını (r_A) ölçmek mümkün iken, arka yüzün eğrilik yarıçapını (r_P), kornea ve aközün refraktif indeksini (n_2 ve n_3) ölçmek mümkün değildir. Klinik pratikte n_1 'in 1 olduğu kabul edilip, diğer ölçülemeyen üç değer yerine Standart Keratometrik İndeks (SKI) denilen ortalama bir katsayı kullanılmaktadır. Bu durumda formül $P_k = SKI - 1 / r_A$ şekline döner. Normal gözlerde SKI'in değeri 1.3375 olarak hesaplanmıştır ve formülde yerine konulduğunda $P_k = 0.3375 / r_A$ şekline döner. r_A 'yı mm cinsinden ifade edersek $P_k = 337.5 / r_A$ olarak yazılabilir. Sonuç olarak kornea ön yüzünün eğrilik yarıçapı ölçülerek korneanın kırıcılık gücünü hesaplamak mümkün hale gelir.

Korneal Asferisite: Korneanın santraldeki 4 mm'lik kısmı hemen hemen sferiktir. Bunun dışında kalan periferik kornea ise asferik ve asimetriktir yani korneanın eğrilik yarıçapı merkezden limbusa gidildikçe değişir, değişim oranı farklı semimeridyenler boyunca değişim gösterir (18-20). Normalde kornea santralde daha diktir ve perifere doğru gidildikçe düzleşir, buna prolate şekil denir. Sağladığı en önemli avantaj periferden gelen ışınların da retinada odaklanması ve sferik aberasyonun azaltılmasıdır. Bunun tersi ise oblate şekildir yani santralde düz, periferde daha diktir ve bu sadece anormal kornealarda görülür (örneğin radyal keratotomi sonrasında olduğu gibi) (10,21).

Korneal asiferisiteyi tariflemek için Q değeri kullanılır (22). Küre için $Q = 0$ 'dir. Bu değer sıfırdan büyük olması oblate, sıfırdan küçük olması ise prolate şekli gösterir.

Kornea Yüzeyinde Zonlar: Klasik olarak kornea ön yüzü dört zona bölünmüştür (23).

- Santral zon
- Parasantral zon
- Periferel zon
- Limbal zon

Normal Korneal Şeklin Varyasyonları:

1. Yaşam boyu varyasyon: Yaşam boyunca korneal astigmatizmde küçük değişiklikler meydana gelir. Doğumda kornea hemen hemen sferiktir. Çocukluk çağında ve adölesan dönemde %90 oranda kornea vertikal meridyende daha diktir ve kurala uygun astigmatizma ortaya çıkar. Orta yaş ve sonrasında ise kornea tekrar sferik hale döner ve yaşamın ileri dönemlerinde kurala aykırı astigmatizma gelişebilir (10,24).

2. Diurnal varyasyon: Korneal eğrilik ve kalınlıkta meydana gelen diurnal varyasyon, uyku sırasında gözlerin kapalı kalmasından meydana gelmektedir. Uyku boyunca azalmış gözyaşı buharlaşması ve gözyaşı tonusunda olası değişiklikler nedeniyle kornea kalınlığı yaklaşık olarak %3-8 oranında artış gösterir. Bu durum uyandıktan yaklaşık 2 saat sonra normale döner ve günboyu stabilliğini korur. Ayrıca uyku boyunca olan gözkapağı basısından dolayı santral korneada bir miktar düzleşme görülür, bu durumda gün içinde yavaşça eski haline döner (10, 25).

3. Menstrüel varyasyon: Menstrüel siklus boyunca saptanan kornea değişiklikleri yazarlar arası değişiklik gösterir (26,27). Bazı yazarlar östrojenin diğer vücut dokularında olduğu gibi korneada da hidrasyon artışına neden olarak kornea kalınlığını artırdığını söylemektedirler. Menstrüel siklus boyunca östrojenin artması korneal kalınlığı artıracaktır ancak bu etki son derece küçüktür ve topografi sistemlerinin bunu saptaması zordur (10).

KORNEAL TOPOGRAFI CİHAZLARI

1. Keratometri:

En basit korneal topografi cihazı olmasına rağmen klinik pratik kullanımda en fazla yeri olanıdır. Korneanın ışınları konveks bir ayna gibi davranarak kırma ilkesine dayanarak tasarlanmıştır (10).

Keratometri korneanın santral 3 mm.lik kısmında birbirine dikey iki meridyen üzerinde ölçüm yapmaktadır (28,29). Bunun için korneanın tümü hakkında bilgi vermemektedir. Düzenli sferosilindirik yüzeyi olan normal kornealarda yüksek oranda doğru ölçümler alınabilmektedir. Keratometri rutin olarak normal korneası olanlarda uygun kontakt lensi bulmada, katarakt cerrahisi öncesinde intraoküler lens gücünün hesaplanmasında (30-32) ve bazen gergin korneal sütürlerin alımında (33) güvenilir bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak düzensiz bir yüzeye sahip korneası olanlarda yansıyan görüntülerin distorsiyona uğramasından dolayı sınırlı bir değeri vardır. Ayrıca refraktif cerrahi adayı olan hastaların değerlendirilmesinde de yetersiz kalmaktadır.

2. Fotokeratoskop:

Fotokeratoskopta kornea ön yüzüne Placido tipi ışıklı konsantrik halkalar yansıtılır ve kornea ön yüzeyinden bu halkaların yansıyan görüntüleri halkaların merkezinde bulunan bir kamera ile fotoğraflanır. Değerlendirme yansıyan görüntüleri inceleyerek kalitatif olarak yapılır.

Korneal yüzeyi düzensiz olanlarda halkalar distorsiyona uğrar. Dik olan kornea bölgelerinde halkaların arasındaki mesafe azalırken, düz olan bölgelerde ise artar. Astigmatizmanın varlığında yansıyan görüntü eliptik şekilde olur ve bu elipsin kısa olan çapı korneanın dik olduğu kurvature gösterir. Görüntüleri inceleyerek gözlemsel bir değerlendirme yapıldığı için güvenilirliği daha düşüktür bunun için 3 diyoptrinin altında olan astigmatizmaları saptamada değeri sınırlıdır.

3. Videokeratoskop:

Videokeratoskopta da fotokeratoskopta olduğu gibi kornea ön yüzeyine Placido tipi ışıklı konsantrik halkalar yansıtılır ve yansıyan görüntüler merkezde bulunan bir videokamerayla alınır. Ancak alınan bu görüntünün değerlendirilmesi kalitatif olarak değil, bilgisayar analizi ile kantitatif olarak yapılmaktadır.

Fotokeratoskopta kullanılan ışıklı halka sayısı 12 iken, videokeratoskopta bu sayı cihazın modeline göre 15-38 arasında (ortalama 25) değişmektedir. Başka bir deyişle fotokeratoskop ile kornea yüzeyinin yaklaşık %70'i kalitatif olarak yapılırken, videokeratoskopla %95'i kantitatif olarak yapılmaktadır (34-39).

Keratometri, fotokeratoskop ve videokeratoskopda ölçüm korneadan yansıyan görüntülerin analizi ile yapılmaktadır. Bunun için bu aletlere genel olarak yansımaya dayanan sistemler denmektedir. Gerçek topografik değerlendirme ise X, Y, Z koordinat sisteminde görüntü elde edilebilmesini gerektirmektedir. Placido esasına dayanan sistemlerde Z eksenine ait yükseklik (height, elevasyon) değeri ölçülememektedir ancak yüzey eğrilik verileri bazı matematik formüllerle yükseklik değerine çevirilebilmektedir. Bu normal kornealara göre ayarlanmış bir sistem olduğu için cerrahi geçirmiş veya düzensiz korneaya sahip kişilerde hataya neden olabilmektedir. Günümüzde geliştirilen aletlerle direkt olarak Z eksenine ait yükseklik değerini ölçmek mümkün olmuştur. Bu aletler ise genel olarak projeksiyon'a dayalı sistemler başlığı altında toplanmaktadır. Projeksiyon'a bağlı sistemlerin avantajları; korneal yüksekliği ölçebilmesi, düzensiz ve yansıtıcı olmayan yüzeylerde ölçüm yapabilmesi, paralimbal alan dahil olmak üzere tüm korneal alanı değerlendirebilmesi, yüksek çözünürlük ve doğruluğunun olması olarak sıralanabilir. Dezavantajları ise; maliyetlerinin fazla olması, ölçüm zamanının daha uzun olması ve kullanımının daha zor olmasıdır.

Yarıklı ışık topografisi, lazer interferometri ve rasterstereografi projeksiyon'a dayalı sistemlere örnek olarak gösterilebilir.

4. Yarıklı ışık topografisi (Orbscan):

Orbscan, ön segment geometrisini ölçen kalibre edilmiş video ile yarıklı tarama ışın sistemi ve ön kornea yüzeyi kurvatürünü ölçen gelişmiş placido disk sistemi olmak üzere iki teknolojiyi kombine etmiştir.

İnce bir ışık demeti ile tüm kornea ön segmenti taranır. Sadece kornea ön yüzeyi değil kornea arka yüzeyi ve kornea kalınlığı da ölçülmektedir.

5. Rasterstereografi:

Bu alet de projeksiyon'a dayalı bir sistemle çalışır. Direkt olarak yükseklik bilgisi verebilmektedir. İki boyutlu grid şekil önce referans olarak kullanılan düz bir yüzeye projekte edilmekte ve sonra kornea yüzeyine projekte edilmektedir. Grid aralıklarında oluşan değişimlerin analiziyle korneal yükseklik hesaplanmaktadır. Ölçümden önce korneaya fluorescein damlatılmakta ve ölçümler floresansa dayalı fotoğrafı ile alınmaktadır. Burada fluorescein kullanılmasının amacı kornea yüzeyinin opaklaştırılması ve yansımayı azaltmaktır.

6. Scheimpflug Görüntüleme:

Pentacam (Oculus, Inc.) scheimpflug görüntülemeyi kullanır. İki kameradan oluşur. Birisi merkezde olup fiksasyonu kontrol ederken, diğeri dönerek ön segmentten görüntüler alır. Pentacam kornea ön ve arka yüzeyinin topografisi yanısıra kurvatür, pakimetri, tanjansiyel, sagittal (aksiyel) haritaları da kapsar (40).

7. Artemis Ultrason Dijital Topografi:

Bu sistem digital sinyal yöntemi ile geliştirilmiş yüksek frekanslı ultrason taramayı kullanır. Bu cerraha, normal ve patolojik kornealarda, ön korneal tabakaların kalınlığının topografik olarak yüksek duyarlılıkta değerlendirilmesi imkanı verir (40).

8. İnterferometrik sistem:

Bu teknik, lazer holografik interferometri kenar paternlerini kullanarak kornea yüzey deviasyonlarını gösterir. İnterferometri, ışık dalga etkileşim prensiplerine dayanır. İki koherent dalga sınırı tarafından kornea yüzeyi üzerinde oluşmuş, etkileşim paternini kaydeder. Kornea elevasyonu, interferans patern analizi ile hesaplanır. Ne yazık ki, interferometrik metodlar göz hareketlerine duyarlıdır ve uygun baş pozisyonu sağlanması gereklidir (40).

TOPOGRAFİK VERİLER

Tüm topografi cihazları verileri çeşitli şekillerde sunabilir. Klinisyen kendisi için en uygun olanı seçmelidir (10).

Kaba Görüntü: Topografi cihazının kamerası tarafından alınan bilgisayar analizinden geçmemiş görüntüdür. Bu görüntüyü inceleyerek korneal yapı hakkında ancak gross anormallikler saptanabilir. Örnek olarak kornea yüzeyindeki lokal düzensizlikler ve astigmatizmanın 3.0 D'den yüksek olması verilebilir.

Yükseklik: Yükseklik verilerinin sunumu bir, iki veya üç boyutlu şekilde yapılabilir. Yüksekliğe ait veriler yansıma prensibiyle çalışan aletlerde çeşitli formüllerle hesaplanarak elde edilir. Bunun için özellikle düzensiz kornealarda değerler güvenilir olmayabilir. Buna karşın projeksiyon prensibiyle çalışan aletlerde bu veri direkt olarak elde edilir. Böylelikle

korneanın üç boyutlu şekli tam olarak belirlenmiş olur. Kornea yüksekliğinin tam olarak belirlenmesi özellikle refraktif cerrahi açısından son derece önemlidir.

Eğim ve kurvatür: Eğim ve kurvatür benzer olup her ikisi de yüksekliğin farklılaşmasından oluşur. Bunlar “yükseklikteki değişim oranını” ifade ederler ve kornea yüzeyi boyunca kontur değişiklik ölçümüne çok duyarlıdır.

Güç: Özellikle anormal kornealarda, refraktif güç, korneal kontur ölçümünde, kurvatüre nazaran daha az güvenilirdir.

Günümüzde en sık kullanılan ve topografinin klinik kullanımında yaygınlığını sağlayan iki boyutlu, renk kodlu haritalardır. Bu haritalar videokeratoskopinin gelişmesiyle kullanıma girmiştir. Bu haritalarda kırmızı, turuncu, sarı gibi sıcak renkler korneanın dik yani kırıcılık gücü yüksek alanlarını gösterirken, yeşil ve mavi gibi soğuk renkler daha düz alanları göstermektedir.

Harita Skalaları: Klinik tanıya yönelik olarak çeşitli skalalar tercih edilebilir. Kullanılacak diyoptrilik aralık ve bunun hangi aralıklarla bölünecek olması skalayı belirler. Klinik pratikte yaygın olarak üç tip skala kullanılmaktadır :

1. Absolü (Standard) Skala: Bu skalada diyoptrilik aralık ve bunun kaç basamağa bölüneceği sabittir. Kullanılacak aralık ve basamak sayısı istenen şekilde ayarlanabilir. Absolü skala haritaları karşılaştırma yönünden daha avantajlıdır ancak geniş aralık kullanıldığı için çözünürlüğü düşüktür. Bununla belirgin patolojileri saptamak daha kolaydır. Çok düz, çok dik veya nispeten sferik olan korneaların gösterilmesinde fazla bilgi vermez.

2. Relatif (Normalize) Skala: Bu skalada kullanılan ölçüm aralığı sabit değildir. Burada korneanın en dik ve en düz noktaları ölçüm aralığını oluşturur. Kornea kurvatür aralıklarından yola çıkarak, her göz için eşit aralıklara bölünmüş olarak çıkarılan renk haritasıdır. Toplam aralık büyükse iki renk arası diyoptri farkı büyür, toplam aralık küçükse, yani kornea nispeten sferik ise, basamak aralıkları küçülür. Kornea yüzeyindeki küçük değişiklikleri göstermede daha avantajlıdır ancak basamakların çok küçük olarak seçilmesi bunun gözden kaçabilmesine neden olabilir. Haritaları karşılaştırma yönünden dezavantajlıdır ancak detayları daha iyi gösterir.

3. Adjustable (Ayarlanabilen) Skala: Kullanıcının ölçüm aralığı ve basamak sayısını istediği şekilde belirlediği skaladır.

Kurvatür Haritaları

Aksiyel Harita: En sık kullanılan kurvatür haritasıdır . Kornea yüzeyi boyunca her noktada ön kornea kurvatürünü, sıklıkla 7 mm çapa kadar gösterir. Kurvatür (K), $K=1/R$ formülünde R yerine kurvatür yarıçapı konarak hesaplanır. Kurvatür yarıçapla ters orantılı olup dioptri (D) ile ifade edilir. Kurvatür yarıçapı ise mm ile ölçülür. Aksiyel haritada korneanın ölçülen her bir noktasındaki kurvatürü kameranin optik eksenine göre hesaplanmaya çalışılır. Aksiyel harita, bütün olarak kornea kurvatürüne küresel bakış sağlar. Ancak aksiyel haritalar, lokal kurvatürdeki minör varyasyonları gözardı etme eğilimindedir (41).

Tanjansiyel Harita: Tanjansiyel harita, periferik kornea görünümünü daha doğru göstermek için, farklı matematiksel yaklaşıma dayanan hesaplamaları kullanır. Her bir noktadaki lokal kornea kurvatürünü dolayısıyla kırma gücünü gösterir. Tanjansiyel harita, aksiyel haritaya göre keskin güç geçişlerini daha kolay tanımlar ve aksiyel haritadaki düzleşen görünümü elimine eder. Bu haritalar fokal düzensizliği daha iyi gösterdiği için, uygun kontakt lensi belirlemede faydalıdır (41). Keratokonus hastalarında, santral adacık veya desantralize ablasyon gibi refraktif cerrahi komplikasyonlarının incelenmesi ve irregüler astigmatizması bulunan gözlerde mutlaka bu tür haritalar ile değerlendirme yapılması önerilmektedir. Özellikle 4-12 mm.deki geçiş zonlarını daha doğru olarak tanımlar. Postoperatif takipte bu nedenle aksiyel haritaya göre daha değerli ve daha detaylı sonuçlar verir. Ama bu harita da aksiyel harita gibi özellikle periferde doğru tahminlerde hata yapar.

Elestasyon (Yükselti) Haritaları

Aksiyel ve tanjansiyel haritalar kurvatürü yön belirtmeksizin diklik ve düzlük olarak tanımlar. Refraktif haritalar diyoptrik güç değerleri verirler. Kurvatür ve refraktif güç haritaları şekil haritaları değildir, ama elestasyon haritaları şekil haritalarıdır (41).

Elestasyon haritaları, elde edilen yüzey kesitinin küresel bir kesite oranla önde ya da arkada olmasına göre değerlendirme yapar. Bu nedenle yüksekliği diyoptri değil mikron cinsinden ifade eder. Pratik uygulamalar için referans düzlem sferik kabul edilir. Referans küreye uyan bölge yeşil, üstündeki alan sıcak renklerle, altındaki alan soğuk renklerle gösterilir. Elestasyon haritaları refraktif cerrahide son derece önemlidir.

Pakimetri Haritaları

Yarıklı ışık tarama teknolojisi kullanılarak, pakimetrik harita, anterior yüzeye dik doğrultuda, anterior ile posterior yüzey arası mesafe olarak tanımlanır (42). Ultrason pakimetri ile elde edilen kornea santral ve parasantral noktaları dışında tüm yüzey boyunca kalınlık dağılımını verir. Glokom, refraktif cerrahi, postoperatif rezidüel kornea yatak kalınlığı değerlendirilmesi, keratokonus, ve pellucid marjinal dejenerasyon ayırıcı tanısında kullanılır (41).

Numerik Değer Haritaları

Renkli topografik harita yerine ölçüm eksenlerinde renklerle kodlanmış numerik diyoptri ya da milimetre cinsinde değerler vardır.

Üç Boyutlu Tel Çerçeve Haritası

Ölçülen yüzeyin çeşitli bakış açılarına ayarlanabilen üç boyutlu görüntüsü, kullanıcının standart ya da abartılmış görüntülere bakarak korneayı zihninde daha iyi canlandırabilmesini sağlar.

Yarısaydam Harita (Semitransparent Map)

Bu harita videokeratografik kaba görüntünün üzerine renk kodlu haritanın ilave edilmesiyle oluşturulur. Bu şekilde gözyaşı film tabakasının bozukluğuna veya lokal korneal patolojilere ait düzensizlikler saptanabilir.

İzometrik Harita

Bu harita kornea üzerine yansıtılan her bir 360 derecelik dairenin düzlemsel olarak açılması ve o noktadaki diyoptrik değer renk kodlu grafik olarak ifade edilmesiyle oluşur. Özellikle astigmatizmanın regüler olup olmadığını ve zamanla nasıl değişim gösterdiğini belirlemede faydalıdır.

Seri Haritalar

Aynı anda 2-6 kadar haritanın bir sunumda gösterilmesidir. Bu sunum şekli haritaları benzer skala üzerinde karşılaştırmak için kullanılır.

Farklılık Haritası

Elde edilen haritanın bir öncekinden farkını gösteren haritalardır. Özellikle refraktif cerrahide preoperatif haritaya göre nasıl bir değişim olduğunu göstermede ve iyileşme döneminde ne gibi değişimler olduğunu gözlemede önemlidir.

Topografik Harita Üzerine Eklenebilen Parametreler:

1. *Pupil çapı:* Özellikle refraktif cerrahide ablasyon zonunu ve santralizasyonu belirleme açısından önemlidir (10).

2. *Gridler:* Harita üzerine yerleştirilen 1 mm²'lik gridler sayesinde kornea üzerindeki bir lezyonun lokalizasyonunu yapmak daha kolaylaşır.

3. *Optik Zonlar:* Harita üzerine konulan 3-5-7 mm'lik dairelerle zonların gösterilmesi refraktif cerrahinin planması aşamasında kolaylık sağlar.

4. *Akslar:* Ortogonal, zonal ve noktasal olarak üç tipte gösterilebilir. Ortogonal aks santral 3 mm.lik korneada en dik ve en düz meridyenleri saptayarak bulunur. Keratometrik ölçümle eşdeğerdedir. Zonal aks, 3-5-7 mm.lik zonların herbirinde ayrı ayrı en dik ve düz meridyenlerin saptanmasıyla bulunur. Noktasal aks ise herbir dairede en dik ve düz meridyenlerin saptanmasıyla bulunur. Noktasal aks düzensiz astigmatizması olanlarda önemlidir. Düzenli astigmatizması bulunanlarda ise ortogonal aks hemen hemen tüm kornea için geçerlidir.

TOPOGRAFİK SUNUMDA KULLANILAN İSTATİKSEL DEĞERLER

Sim K (Simulated Keratometry Readings): Topografik ölçümde keratometrik ölçümle aynı bölgeye uyan yani santral 3 mm.lik zondaki değeri verir. Santral (3 mm'lik zon) veya parasantral (7-9 halkalar) alan boyunca her meridyenin ortalama gücü belirlenerek hesaplanır. En büyük güce sahip olan major akstır. Bunun 90 derece karşılığında ise minor aks bulunur. Silindirik değer ise major ve minör aksın arasındaki farktır (10).

Spheroequivalent Power (SEP): Bu değer, korneanın santral 3 mm'lik pupil zonundaki efektif refraktif gücünü gösterir. Özellikle irregüler astigmatizmaya sahip kişilerde intraoküler lens gücünün hesaplanmasında kullanılır.

Surface Asymmetry Index (SAI): Kornea yüzeyinde aynı halka üzerinde bulunan ve birbirine 180 derece uzaklıktaki noktaların korneal güç farklarının ölçümüdür. Normal korneada güç dağılımı hemen hemen simetrik olduğundan bu değer 0.5'in altındadır. Asimetri arttıkça değerde yükselme başlar. SAI kornea yüzeyinin optik kalitesi ile görme keskinliği arasındaki korelasyonu vermektedir. Keratokonus gibi hastalıkların progresyonunu göstermede kantitatif bir göstergedir.

Surface Regularity Index (SRI): Kornea yüzeyinin santral 4.5 mm'lik kısmında lokal düzeni gösterir. Bu alandaki her noktanın hemen bir sonraki dairede aynı meridyene düşen kısımdaki noktayla karşılaştırılmasıyla hesaplanır. Bu indeks kornea yüzeyinin optik kalitesi ve görme keskinliği arasındaki korelasyonu kurmaya yardımcı olur. Normal kornealarda değeri 0.4'ün altındadır. Düzensiz astigmatizmayı tespit etmede oldukça faydalıdır.

Inferior – Superior Value (I – SV): Bu değer keratokonusu, normal kornealardan ayırmaya yardımcı olmak için tasarlanmıştır. Korneanın santral 3 mm.lik kısmının üzerinde ve altında 30'ar derecelik intervallerle alınan 5 noktanın refraktif güçlerinin karşılaştırılmasıyla elde edilir.

NORMAL KORNEA TOPOGRAFİSİ

Normal popülasyonda olan değişik bir takım kornea şekilleri iyi bir görme ile beraber olabilir. Bunun için korneal topografiye bakarak herhangi bir tanıya varabilmek için normal kornea topografisi spektrumunu iyi bilmek gerekir (43).

Kornea merkezde en diktir ve limbusa doğru gidildikçe 1-4 diyoptri kadar düzleşme gösterir. Bu düzleşme çoğu kişide nazal yanda kornea tepesine daha yakın olarak başlar. Merkezi korneanın diyoptrik gücü normalde 38-48 D arasında değişir. İki göz arasındaki fark genellikle çok az olmaktadır. Bu sebeple iki göz arasında ortaya çıkan diyoptrik fark veya tek gözdeki astigmatizma korneal ektazi gibi önemli bir patolojinin belirtisi olabilmektedir.

Bogan ve arkadaşları, 1990 yılında, videokeratoskopik korneal topografi şekillerine bakarak normal kornea topografisini 5 başlık altında toplamışlardır (44). 1997'de Kanpolat ve arkadaşları ise aynı sınıflama ile farklı oranlar bulmuşlardır (45,46).

Topografik şekil	Bogan ve ark. %	Kanpolat ve ark.%
Yuvarlak	22.6	14.0
Oval	20.8	11.4
Simetrik papyon	17.5	29.0
Asimetrik papyon	32.1	33.3
Düzensiz	7.1	12.3

Bu oranlara bakılacak olursa toplumda en yaygın grubun papyon tarzı şekil olduğu görülecektir, ancak bu kişilerde astigmatizma düzeltilmeden iyi bir görme keskinliğine sahip olduğu görülür. Bogan ve arkadaşları bunun santral korneanın genellikle sferik olması veya korneal astigmatizmanın altta bulunan kornea arka yüzündeki veya lensteki (lentiküler astigmatizma) ters yönde bulunan astigmatizmayla dengelenmesiyle olabileceğini öne sürmüşlerdir. %7.1 oranında görülen düzensiz paternin ise fiksasyon hatası veya gözyaşı film tabakasının düzensizliğinden olabileceğini düşünmüşlerdir.

Enantiyomorfizm: Bogan ve arkadaşları aynı bireyin her iki kornea topografisinin çarpıcı derecede birbirine benzer olduğunu görmüşlerdir. Normal korneaların önemli bir özelliği her iki göz arasında ayna görüntüsü simetrisinin bulunmasıdır. Benzer durum parmak izlerinde de vardır ve bireyler arasında önemli farklılıklar gösterir. Bu durum bir gözün kornea topografisinin normal veya anormal olduğuna karar vermede diğeriyle karşılaştırmanın önemine dikkat çeker.

KORNEA TOPOGRAFİSİ VE KLİNİK UYGULAMALAR

Korneal topografinin klinikte kullanım alanları:

1. Normal topografinin sınıflandırılması
2. Anormal topografinin ortaya çıkarılması ve keratokonus gibi hastalıkların gelişiminin izlenmesi
3. Göz içi veya kornea cerrahisi sonrası astigmatizma takibi ve düzeltilmesi
4. Kornea enfeksiyon ve travmalarının refraksiyona etkilerinin gözlenmesi

5. Keratorefraktif cerrahide preoperatif ve postoperatif analiz, excimer cihazlarıyla preoperatif entegrasyon
6. Kontakt lens uygulaması planlaması, kontakt lense bağlı değişikliklerin saptanması

ASTİGMATİZMA

Astigmatizma korneal ve lentiküler olmak üzere ikiye ayrılır. Korneal astigmatizma ışığın farklı meridyenlerde eşit olmayan kırınımı sonucu retina üzerinde tek noktada odaklanamamasıdır. Astigmatizmayı ilk olarak 1801 yılında İngiliz bilim adamı Thomas Young tariflemiştir. Korneal astigmatizma düzenli (regular) ve düzensiz (irregular) olmak üzere ikiye ayrılır (10,47):

Düzenli (Regular) Astigmatizma: Optik olarak düzeltilebilen astigmatizmadır. En dik ve en düz meridyenler birbirine 90 derece uzaklıkta bulunur. Düzenli astigmatizmanın tipik topografik görünümü simetrik veya asimetrik olabilen papyon görünümüdür. Üç gruba ayrılır:

1. *Kurala uygun (with the rule):* Papyon yani en dik meridyen 90 +/- 30 derecede içinde bulunur. Vertikal meridyen en diktir ve aks 90'a konan pozitif bir silindirik camla düzeltilebilir.

2. *Kurala aykırı (against the rule):* En dik meridyen 180 +/- 30 derece içinde bulunur. Horizontal meridyen en diktir ve aks 180'e konan pozitif silindirik camla düzeltilebilir. Kurala uygun astigmatizma çocukluk ve adölesan çağlarda daha sık görülürken, kurala aykırı astigmatizmanın görülme sıklığı yaş ilerledikçe daha fazladır.

3. *Oblik:* Burada en dik meridyen 45 +/- 15 derecelik ara kısımda kalır.

Düzensiz (Irregular) Astigmatizma: Silindirik camlarla düzeltilemeyen astigmatizmadır. Kısmi olarak sert kontakt lenslerle veya lokal olarak yapılan excimer laser ablasyonu ile düzeltilebilir. Düzensiz astigmatizmanın nedenleri:

1. Kornea yüzey anormallikleri (şiddetli göz kuruluğu, keratit, epitelyal distrofiler vs.)
2. Stromal anormallikler (stromanın infeksiyöz veya inflamatuvar hastalıkları)
3. Pterjium
4. Travma

ORBSCAN

İlk olarak 1995 yılında Orbscan (Orbtek, Inc) ticari olarak piyasaya sürülmüş. Kornea üzerine projekte edilen yarıkli tarayıcı ışınların ölçümü esasına dayanır. Elevasyon bilgisini direkt verirken, kurvatür bilgisi bundan elde edilir. 1999 yılında bilgisayarlı topografinin gelişmesiyle birlikte Orbscan II (Orbtek, Inc) geliştirilmiştir. Placido disk eklenmesiyle direkt kurvatür ölçümü elde edilebilmektedir (48).

ORBSCAN II/IIz FONKSİYONEL TANIMLAMA

Bausch & Lomb (Rochester, NY) Orbscan II/IIz iki teknoloji kullanır. Bunlar; ön segment geometrisini ölçen kalibre edilmiş video ile yarıkli tarama ışın sistemi ve ön kornea yüzeyi kurvatürünü ölçen gelişmiş placido disk sistemidir. Bu sistemde merkezde bir videokamera ve her iki yanda bu videokameraya 45 derece açıyla yerleşmiş iki adet tarayıcı yarıkli lamba bulunur. Ölçüm esnasında bu tarayıcı yarıkli lambaların herbiri kornea ön yüzeyine, 20 adet sağdan, 20 adet soldan, her biri 12.5 mm yükseklikte ve 0.3 mm genişlikte toplam 40 adet seri yarıkli ışık gönderir ve oluşan görünüm videokamera tarafından kaydedilir. İki adet yarıkli ışık arasındaki mesafe yaklaşık 250 mikron, gönderilmesi arasında geçen zaman ise 0.7–0.8 saniye kadar olup toplam ölçüm zamanı ortalama 30 saniye sürmektedir. Bu sistem, her 40 yarıkli ışıktan 240 olmak üzere, 9.600 nokta ölçer. Bu nokta ölçümleri, elevasyona (z) karşı horizontal ve vertikal (x ve y) koordinatları içeren, ön segmentin gerçek topografik yüzeylerinin matematiksel olarak ifade edilmesi için kullanılır. Tipik olarak süreklilik gösteren ikinci sıra türevlere sahip matematiksel yüzey ifadeleri her yöne doğru, herhangi bir noktada olmak üzere eğim ve kurvatürün hesaplanmasında kullanılır. Bir izleme sistemi istemsiz göz hareketlerini ölçer ve 40 yarıkli ışık görüntüden doğru bir şekilde matematiksel yüzey ifadelerini oluşturmak için kullanılır. Elde edilen hesaplamalar; ön korneal elevasyon, arka korneal elevasyon, korneal güç, ve korneal kalınlık gibi ön segmentin dört elemanını hesaplamak için kullanılır. Keratometrik güç ise standart keratometrik indeks kullanılarak hesaplanır (49).

Ölçüm esnasında hastalar belli bir noktaya fikse olmakta ancak istemsiz olan sakkadik göz hareketleri kornea merkezine gönderilen sabit bir yarıkli ışık ile kontrol edilmektedir. Topografik harita oluşturulmadan önce bu hareketlerin etkisi çıkartılır (Eye tracking system) (48).

Orbscan sistemi Pentium 4 bilgisayar kullanarak hesaplanan veriyi elde eder, analiz eder ve gösterir.

Kornea ön yüzeyine gönderilen yarıklı ışık kornea ön yüzü, kornea arka yüzü ve lens ön yüzünde kırılmaya uğrar. Bu kırılma noktalarının herbiri bilgisayar ile kaydedilir ve ölçüm sonunda yapılan analizle kornea ön yüzü, kornea arka yüzü ve lens iris yüzeyinin haritaları yapılır. Ayrıca kornea kalınlığı, ön kamara derinliği de ölçülebilir. Göstergeler, yüzey topografisinin üç boyutlu görüntüsünü sağlayarak, rölatif elevasyonları göstermek için renk skalası kullanır. Tüm elevasyon haritalarında, yeşil, referans yüzey, veya sıfır seviyesidir. Kırmızı yüksek, pozitif, ve referans yüzeyin önünde iken, mavi alçak, negatif ve referans yüzeyin arkasındadır. Sık kullanılan yüzey topografi görüntüsü dörtlü haritadır. Bu, ön elevasyon, arka elevasyon, kornea gücü, ve pakimetri haritalarını bir görüntüde verir.

ÖLÇÜM TEORİSİ

Orbscan sistem, hibrid ölçüm teknolojisini kullanır. Bir grup eşmerkezli mirlerin yansımış görüntüsü ölçülerek kornea yüzey kurvatürünü hesaplamak için Placido diskten oluşan (specular reflection) ayna gibi yansıma kullanılır. Yarıklı tarama ön segment geometrisini ölçmek için kullanılır; bunun temel ölçümü optik yüzeylerin mutlak elevasyonudur. Bu kurvatür ve elevasyon ölçümleri, mutlak ön ve arka yüzey elevasyon ve pakimetri kesin haritalarını geliştirmek için, birleşirler. Kurvatür, keratometrik güç olarak gösterilir.

Yaygın Yansımalar

Bir yarıklı ışın düzgün bir yüzeyle karşılaştığı zaman, ayna yansımaları ve yüzeye nüfuz eden ışın kırılması olarak ayrılır ve hacim iç saçılma merkezleri ile saçılır. Yüzey yaygın yansımaları gibi, yaygın saçılma çok yönlüdür. Bu önemli özellik, yüzey noktalarının bağımsız gözlenmesini ve üçgenlere bölünmesini sağlar ve Orbscan'e rastgele yüzey şekilleri- konveks veya konkav, asferik veya irregüler- ölçme kapasitesi sağlar. Yaygın saçılma, tipik olarak gözyaşı ve hüner aköz gibi sıvılarda ihmal edilebilir, çünkü öge moleküller aydınlatıcı dalga boyu ile kıyaslanınca çok küçüktür. Tam tersine, lens, iris ve korneadan olan yaygın saçılma anlamlıdır. Bu nedenle, Orbscan gözyaşı tabakasının içini görür ve direkt olarak yarıklı ışın ile aydınlatılan kornea volümünden yaygın saçılan ışın görüntüsünü yakalar.

Tipik internal saçılmalar genellikle görülebilir ışık dalgaboyundan daha küçük olduğu için, saçılma büyüklüğü optik dalgaboyunun üçüncü ya da dördüncü gücü ile ters orantılıdır

(Rayleigh saçılma: sferik partiküller için λ^4 , silindirik lifler için λ^3). Sonuç olarak, yaygın saçılmış dönüş, alıcı ışın içinde bulunan en kısa dalgaboyunu içerir (korneadan oluşan Tyndall yansımalarının mavi görünmesinin nedeni). Işın hesaplaması ve ışın refraksiyonu, çeşitli oküler dokuların ve salgıların fizyolojik refraktif indekslerine bağlıdır. Orbscan varsayımına göre standart fizyolojik refraktif indeks hava için 1.000; aköz için 1.336; ve kornea için 1.376'dır.

Kompleks Yüzeyleri Üçgenlere Bölme

Üçgenlere bölme, gözün ön yüzeyi gibi kompleks yüzeyleri haritalamak için gereklidir. Işın izleme üçgenleme, internal yüzey noktaları, yarıklı ışınları ve birleşik görüntü ışınlarını kıran optik arayüzeyin arkasında uzandığı zaman, doğru şekilde bulmak için gereklidir. Düzlemsel yarıklı ışın, konveks korneal kabuktan yaygın olarak yansır, video görüntüde dairesel yay gibi görülür. Bu yayın dış ve iç kenarları, yaygın olarak yansıyan hacmin ön ve arka yüzeylerine uyar.

Ön yüzeydeki bir noktayı lokalize etmek için, ilk olarak subpiksel doğrulukta dış kenar noktası bulunur. Video kalibrasyonundan, bulunan kenar nokta, birleşik üç-alan ışınına çevrilir. Bu ışın matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$Y=U+Vr$$

Bu formülde (x, y,z) U vektörü, kamera optiklerinin başlangıç/nodal noktasındaki ışın orijinini tanımlar; vektör V yönünü tanımlar; ve sayısal r ışın noktasının orijinden uzaklığını belirler.

Direkt olarak üçgenlere ayırma, kornea dış yüzeyi üzerindeki noktaları bulmak için kullanılır. Direkt olarak üçgenlere ayırmada, bir ışın, aydınlatıcı yarıklı ışının kalibre edilmiş dış yüzeyi ile kesişir. Bu yüzey matematiksel olarak şöyle gösterilebilir:

$$S(x)=0$$

Vektör x, ışın dış yüzeyi üzerinde herhangi geçerli noktanın (x, y, z) koordinatlarını gösterir. Direkt üçgenlere ayırma r'yi bulur öyle ki $S(U+Vr)=0$ 'dır.

Yüzeyle, önden arkaya doğru, bir seferde bir kez üçgenlere bölünür. Böylece, istenen yüzey noktası önünde kırılan tüm yüzeyler, öncelik olarak bilinir ve tüm gerekli kırılmaları hesaplamak için kullanılabilir.

ANALİZ İÇİN TEMEL

Topografi Ölçümü

Orbscan sistem analizi, ön ve arka kornea, ön iris, ve ön lens yüzeylerinin gerçek topografik yüzeylerini anlatan bir takım veri üretir. Tüm diğer ölçümler ve gösterilen haritalar, bu üç alan yüzeylerden türer. Bu yaklaşım ele alınmış, çünkü sayısal dönüşüm ile oluşturulan yüksek ve düşük frekanslı ses tuzaklarını engeller.

Tüm sayısal dönüşümler ses oluşturur. Elevasyondan kurvatür matematiksel olarak çıkarılınca yüksek frekanslı ses oluşurken, kurvatürden elevasyon ortaya çıkarmak için dönüşüm gereklidir veya eğim (integrasyon) düşük frekanslı ses üretir. Yüksek frekanslı ses daha belirgin olmasına rağmen, düşük frekanslı ses ilgilenmek için çok zordur; ek olarak, en önemli optik aberasyonlar, düşük frekanslıdır. Sonuç olarak, elevasyonun direkt ölçümü ve kurvatür ölçümü, Orbscan'de optik yüzeylerin geometrik bilgisini çıkarmak için seçilmiş metotlardır.

Direkt ölçülen topografinin diğer avantajı, yüzey analizini kolaylaştırması ve diğer bakış açısından da görüntü sağlamasıdır. Diğer kornea ölçüm sistemleri gibi, Orbscan gözün fiksasyon refleksi aksını hizalar ki bu görsel zonda optik özellikleri incelerken uygundur. Ancak kontakt lens uygulamasında ve korneanın apikal şeklinin önemli olduğu diğer işlemlerde, bakış noktası, ön yüzeyin en iyi simetrisinin aksı ile aynı hizada olmalıdır. Bu hizalama, fiziksel alanda direkt olarak ölçülmüş topografik yüzeyleri döndürerek, kolayca ve doğrulukla elde edilir.

Fiksasyon-Refleks Hizalama

Orbscan ile veri elde edilirken, operatör alet aksı ile fiksasyon ışık refleksi hizalarken, hastanın gözü, video sistemi ile koaksiyel olan parıldayan ışık kaynağını fikse ederken hizalanır. Yarıkli tarama teknolojisi, rölatif olarak gözün hizasız olmasına duyarsız olduğu için, bir miktar hizasız olma durumu beklenir. Veri elde etmeyi takiben, sistem uygun şekilde hizalanmış fiksasyon refleksi aksını belirler ve bunu haritanın merkezine yerleştirir. Fiksasyon refleksi hizalama, harita merkezinin, daima sıfır yüzey eğimi ile sabit elevasyon noktasında olmasını sağlar; konveks yüzeyler için, bu nokta daima bir lokal maksimumdur. Böylece, harita merkezinde normal lokal yüzey, harita aksı ile aynı hizadadır. Bu hizalama formu, aksiyel ve tanjansiyel kurvatür gibi aks temelli birçok göreceli özellikleri belirlemek için çok önemlidir. Fiksasyon refleksi aksı yüzey eğrilğine çok duyarlı olduğu için, refraktif

operasyon neredeyse daima bu aksı değiştirir; bu nedenle gözün preoperatif ve postoperatif standart hizalamasının birbirini tutması şüphelidir.

Yüzey Rotasyonu

Orbscan ile ölçülen yüzeyler, bir görünüm seçerek harita merkezine döndürülen yüzey noktası haline gelen, herhangi bir bakış açısına döndürülebilir . Lokal yüzey normalliği ile uyan görünüm aksı otomatik olarak seçilir. Üç boyutlu rotasyonlar yer değiştirici olmadığı için, dönen bir görüntünün meridyonal oryantasyonu genellikle buna öncülük eden tüm rotasyonlara bağlıdır. Düzene bağımlılığın oluşturabileceği belirsizliği ortadan kaldırmak için ve dönen meridyenlerin standart hizalanmış meridyenlere mümkün oldukça yakın olmasından emin olmak için, tüm yüzey dönüşleri her zaman fiksasyon refleks aksına merkezlenmiş, standart hizalanma pozisyonundan basit tekli aks rotasyonları olarak hesaplanır.

Göreceli ve Kesin Özellikler

Göreceli ölçüm gibi, referans obje değiştiği zaman, göreceli özellikler, hizalama, referans obje şekli, ve büyüklüğüne bağlıdır. Tam tersi olarak, kesin özellikler, yüzeyin intrinsek özellikleridir ve hizalamaya bağımlı değillerdir; bunlar direkt olarak yüzeyden ölçülürler. Sadece göreceli ölçümler, optik akslar gibi gerçek oküler sınır işaretlerini tanımlar. Göreceli özellikler üstün olmasına rağmen, birçok özellikler kendi doğası ile bağımlıdır. Orbscan'de hem kesin hem de göreceli özellikler haritalanır.

GEOMETRİK ANALİZ

Elevasyon

Düzensiz kornea yüzeyine bakmak, dünyanın vadilerine ve dağlarına bakmaya benzer. Ölçeğe çizildiği zaman, dünyanın ortalama kurvatürü, en anlamlı topografik özellikleri bile kaplar. Eğer elevasyon ortalama deniz seviyesine göre gösterilirse, sadece tepeler ve vadiler bellidir. Benzer olarak, referans yüzey matematiksel olarak kaldırıldığı zaman, korneal düzensizlikler görülebilir. Referans yüzeydeki değişiklikler, deniz seviyesindeki değişiklikler gibi, gerçek topografi (x ve y'nin fonksiyonu olarak z) değişmeden kalırken, fark edilen korneal yatay topografıyı dramatik olarak etkileyebilir. Kornea üzerindeki nokta z, referans düzlemden dikey mesafedir. Doğru elevasyon verisi, pakimetriyi belirlemek için kullanılır.

Referans bir küre, bir yüzeye üç farklı yoldan oryante olabilir: değişken (floating), aksiyel, hareketsiz (pinned). Değişken hizalama, yüzeye uygun hatayı, hiç ek sınırlama

olmadan küçültür. Aksiyel ve hareketsiz hizalama, her biri bir ek sınırlama ekler. Aksiyel hizalama, küre merkezini görüntü aksı üzerinde uzanması için zorlarken, hareketsiz hizalama, küre yüzeyini görüntü merkezini kapsamaması için zorlar. Aksiyel hareketsiz hizalama, her iki sınırlamayı da kullanır.

Küreye göre elevasyonu göstermenin avantajı; bir küre dönüşlü olarak simetriktir, ve böylece bu tamamen yarıçapı ve merkezi ile tanımlanmıştır. Ne yazık ki korneal yüzeyler sferik değildir. Kornea şekli ne olursa olsun korneaya uyan asimetrik yüzeye göre elevasyon asimetrisini görüntülemek için, rotor referans yüzey seçmek gereklidir. Rotor ismi, görüntü aksı çevresinde veri yüzeyini dönme ile devir yüzeyini bulmak için olan yapım metodundan türemiştir. Bir rotor (değiştirici olmadan), devirin ortalama yüzeyidir. Yüksek ya da düşük rotor, veri yüzeyinin hemen üstünde veya altında uzanan devir yüzeyidir. Tek bir topografik yüzeyin göreceli elevasyonunu etkileyen Orbscan ayar seçenekleri ve parametreleri şunları kapsar: alet aksından yüzey dönüşü; referans yüzey tipi (düz, küre, koni, rotor); referans yüzey büyüklüğü, şekli, ve hizalama (değişken, aksiyel, veya hareketsiz); ve elevasyon yönü (referans yüzeye normal veya aksiyel yönlendirilmiş).

Kornea Kalınlığı (Pakimetri)

Kornea kalınlığı, ön yüzeye dik doğrultuda, önden arka yüzeye kadar olan mesafenin hesaplanmasıdır. Tipik bir kornea, fiksasyon-refleks aksının inferior ve temporaline lokalize tek bir minimum kalınlık noktasına sahiptir. Ancak, kornea üniform olarak kalın değildir ve en ince olduğu nokta her zaman merkezde değildir. Orbscan pakimetri hesaplamaları manual ultrason pakimetri ile korele edilmiştir; genelde, Orbscan korneal kalınlık tayini, aynı kornealarda, ultrason ölçümlerinden daha kalındır (50-53). Orbscan ilk versiyonunu kullanarak, Yaylali ve ark. (53) ve Marsich ve Bullimore (54), Orbscan pakimetri ile kornea kalınlığının daha fazla ölçüldüğünü bulmuşlardır. Bu çelişki, ön kornea yüzeyinden daha çok hava gözyaşı arayüzey ölçümü ile açıklanabilir. Bu değerlendirmede mukus ve gözyaşı kapsandığı için, bu farkı ortadan kaldırmak için üretici tarafından akustik faktör önerilmiştir. Bu değer üretici tarafından 0.92 olarak önerilmiştir. Bu akustik faktör, Orbscan ikinci versiyonunda (Orbscan II) cihaza dahil edilmiştir. Orbscan ile standart akustik faktör 0.92 kullanılarak, 5.72 µm eksik tahmin yapılmıştır. Cheng ve ark. (55) 0.93 olan özel akustik faktör kullanarak, preoperatif lasik hastalarında ultrason ve orbscan ölçümü arasında hiç anlamlı fark bulamamışlardır. Ancak, bu düzeltici faktör kullanılsa dahi, kalın kornealarda az

tahmin ve ince kornealarda aşırı tahmin bulunmuştur. Düzeltici faktör olarak çıkartma metodu kullanılarak, aşırı veya az tahmin azaltılmıştır.

Ön Segment ve Kamara Derinliği

Arka korneadan ön lens veya irise olan ön kamara derinliği, ön kamara yüzeyleri arasındaki düz çizgi aksiyel mesafesinde olduğu gibi, farklı şekilde hesaplanır. Ön kamara hacmi, korneayı boydan boya geçen bu mesafeyi tamamlayarak, kolaylıkla belirlenir. Ek olarak, bu mesafenin radyal yönlerde değişme oranı, ön açıyı tahmin etmede kullanılabilir.

Yüzey Eğimi ve Yüzey Kurvatürü

Yüzey eğimi, belirli yöndeki yüzey elevasyon değişim oranını ölçer. Korneal yüzeylerin radial olarak yönelmiş eğimini belirleme, kontakt lens denemede ve refraktif düzeltme için kornea içi halkaların yerleştirilmesinde önemlidir. Yüzey kurvatürü, yüzeye veya eğriye yerleşik olan eğimi ölçer. Çünkü kurvatür, kurvatür yarıçapı ile ters olarak ilişkilidir, bir küçük yarıçaplı küre fazla kurvatüre sahiptir.

Yüzey kurvatürü, bir objenin yüzeyini düzlem ile kesme ve sonra düzlem kesişimine daire uygulama olarak tanımlanabilir. Dairenin ters çevrilmiş yarıçapı, düzlem yönünde yüzey kurvatürünü verir. Ölçülen değer, kesilen düzlemin oryantasyonuna yüksek oranda bağlıdır. Tüm yüzey noktası, sonsuz sayıda yüzey normal düzlemlerine sahiptir, her biri normal lokal yüzey içerir, fakat her biri farklı yönde yüzeyi keser. Böylece düzgün yüzey üzerindeki her nokta bir yön bağımlı kurvatüre sahiptir, ve tam tanımlaması tensor olarak bilinen matematiksel kavram ile yapılabilir. Orbiscan uygun topografik yüzeylerin türevlerinden, tam kurvatür tensor alanını hesaplar. Bu tensor alandan, herhangi bir yüzey noktasındaki ve herhangi bir yöndeki kurvatür, direkt olarak hesaplanabilir.

Farklı geometri sınıfları teoremi şöyledir: yüzey normal düzlemlerine dikey uzanan, düzgün yüzey üzerindeki her nokta minimum ve maksimum (esas kurvatürler olarak adlandırılmış) kurvatüre sahiptir. Böylece herhangi düzgün yüzey noktadaki kurvatür tam olarak 3 bağımsız nicelik ile belirlenebilir: minimum ve maksimum (esas) kurvatürler ve onların yönleri. Esas olmayan yönlerde bir noktadaki iki kurvatür, tam kurvatür tensorünü kurmak için yeterli bilgiyi kapsamaz.

Optik yüzey kurvatürü, ışık ışınlarının normal hüzme gücünün odaklanması ile direkt ilişkilidir. Bu özellikten dolayı, kurvatür sıklıkla dioptri (optik gücün birimi) olarak ifade

edilir ve sıklıkla güç olarak ima edilir bu da karışıklığın potansiyel nedenidir. Orbscan, optik özellikler için sadece gücü kullanarak, kurvatür ve güç arasındaki farkı vurgular. Kurvatür, ya standart geometrik birim (metrenin tersi, 1/m), kurvatür yarıçap birimleri (mm) olarak ifade edilir ya da dioptri ile hesaplanır, ve Orbscan ile her zaman kurvatür olarak isimlendirilir.

Orbscan'ın yüzey kurvatür haritalamasını anlamada, üç kavram önemlidir. İlk olarak, kurvatür tek bir yüzeye uygulanır. Tam tersi, optik güç genellikle yüzeylerin (daima ön kornea ile başlar) sırası için hesaplanır. İkinci olarak, yüzey kurvatürü tek değerli değil, fakat yön bağımlıdır. Bir kurvatürü tam tanımlamak için üç değer gereklidir: iki esas kurvatür ve onların yönelimi. Renk kontür haritası tek değer değişimini gösterirken, bazı farklı kurvatür haritaları faydalı yollarda, üç temel değer kombinasyonlarını göstermek için kullanılır. Bu haritalar iki sınıfa ayrılır: kesin lokal kurvatürler (ortalama, astigmatik, ve düzensiz), ve göreceli aks temelli kurvatürler (aksiyel, tanjansiyel, ve sagittal). Üçüncü kavram olan dioptri ile ifade edilen kurvatür, hayali refraktif indeks farkına orantılıdır. Hayali indeks farkı fizyolojik (populasyon üzerinde ortalama gerçek değer) veya üretilmiş (örn. standart keratometrik indeks) olabilir. Arka korneanın kurvatürü negatiftir, geometrik kurvatür negatif olduğu için değil, çünkü arayüz indeks farkı negatiftir ($\Delta n = -0.040 = 1.336 - 1.376$). Standart keratometrik indeks sadece ön korneaya uygulanabilir. Uygulandıktan sonra, ön korneaya keratometrik kornea olarak başvurulur.

Ortalama ve Astigmatik Kurvatür

Ortalama kurvatür kesin lokal küresellik ölçümüdür. Bir lokal küre, bir nokta ve onun yüzey türevlerine en iyi uyan küredir. Bu kürenin ters yarıçapı, kurvatürün lokal sferik komponentinin kesin ölçümüdür. Kesin olduğu için, ortalama kurvatür yüzeye yerleşik ve yüzey hizalamasından bağımsızdır. Mutlakiyet, keratokonus gibi belirli kornea hastalıklarının teşhisinde önemlidir, ve herhangi geometrik anomalinin görünmesini sağlar. Bu nedenle, keratokonus simetrik lokal maksimum gibi görünür, çünkü koninin ortalama kurvatürü apeksine ilerledikçe artar.

Ortalama kurvatür haritaları, lokal küresellik değişikliklerini gösterir. Böylece, normal korneanın ortalama kurvatürü, astigmatizması anlamlı olduğunda bile tipik olarak çok uniformdur. Ortalama kurvatür tipik olarak, lokal sferik komponentin lehine global astigmatizmayı süzer. Kural olarak, ortalama kurvatür haritasında görülen herhangi rezidüel

astigmatizma iyice azaltılmış ve gerçek astigmatizmadan 90 derece döndürülmüştür. Astigmatizmanın lokal akslarını görmek için, temel yönün örtüsünden yararlanılır.

Astigmatik kurvatür, kesin lokal silindir ölçümüdür. Astigmatik kurvatür tipik olarak, astigmatizmanın lehine global sferik komponenti süzer. Astigmatik kurvatür haritalarının lokal silindirik değişikliği gösterdiği gibi, regüler astigmatizmalı bir göz oldukça üniform astigmatik bir haritaya sahip olacaktır. Papyon kravat paterni tipik olarak astigmatizma ile ilgilidir ve aks temelli (örn. aksiyel, tanjansiyel, ve sagittal kurvatürler) haritalarda görülmesi fiziksel değil, fakat ölçümün gerçek bir artefaktıdır.

Düzensiz Kurvatür

Normal fakat regüler astigmatizma ile ametrop olan göz, sferosilindirik gözlüklerle düzeltilebilir. Yüzey düzensizliği, sferosilindirik lens ile düzeltilemeyen optik yüzeyin kurvatür değişikliğini içerir, böylece görsel aktivitede düzeltilemeyen bir kayıp üretir.

Normal bir gözün ortalama ve astigmatik kurvatür haritaları oldukça üniform ise, bu kurvatürlerin varyasyonları bir yüzey düzensizlik ölçümüdür. Düzensiz kurvatür, ortalama ve astigmatik kurvatürlerin, lokal bir açıklık üzerinden ölçülen (tipik olarak 1 mm çapta), standart deviasyonlarının istatistiksel kombinasyonudur. Radyal keratotomi artefaktı gibi insizyonel keratotomi ile oluşan yüzey düzensizlikleri, düzensiz kurvatür haritalarında tanınabilir.

Aksiyel, Tanjansiyel, ve Sagittal Kurvatürler

Aksiyel, tanjansiyel, ve sagittal kurvatürler, rastgele görüntü aksına göre ölçülen göreceli özelliklerdir. Ölçüm yönleri bu akstan ışın yaydığı ve bu aksı kuşattığı için, bu aks temelli haritalar her zaman dikkat çekici aksiyel bir artefakt içerirler. Bu artefaktın yönü, efektif olarak, sadece görüntü aksına göre astigmatizmanın meridyenlerinin yerini belirler.

Referans obje gerektirmeyen kesin kurvatürden farklı olarak, aks temelli kurvatür haritalar, aksları yeniden yerleştiği zaman, dramatik olarak değişir. Aks temelli haritalar, gerçek konik apeksi göstermeyi imkansız hale getirerek, keratokonus gibi kornea anormalliklerini çarpıtır.

Bir hizalanmış kürenin kurvatürü, herhangi aks temelli kurvatürler ve ortalama kurvatür ile doğru şekilde belirlenebilir. Aksiyel kurvatür, kurvatürün doğru ölçümü değilken, sferik olmayan veya asimetrik yüzeylere uygulanamayan sferik eşitliktir. Tanjansiyel ve

sagittal haritalar, kurvatürün doğru ölçümü iken, hizalanmış aks (simetrik yüzeyler için özel vaka dışında) tam kurvatür tensorünü kurmak için yeterli bilgi içermez.

OPTİK ANALİZ TEORİSİ

Optik Güç

Optik güç, posterior refraktif indeksin, posterior fokal uzunluğa bölünmesi olarak tanımlanır:

$$P=n_2/f_2$$

Işık ışınları, orijinal olarak rastgele güç aksına paraleldir, her iki kornea yüzeyi ile kırılır ve güç aksı üzerinde odaklanır. Refraktif indeks bu tanıma dahildir, öyle ki herhangi bir yönde ölçülen güç aynıdır. Optik performans, materyal refraktif indeksleri bilindiği zaman, topografik yüzey veriden hesaplanabilir.

Periferik ışınlar, santral paraaksiyel ışıklardan daha kısa odağa getirilirler. Bu sferik aberasyon, periferde artan gücü gösteren korneanın optik güç haritalarında belirgindir. Astigmatizma varlığında, bilinen papyon kravat paterni görülebilir. Bu patern ışık etkileşiminden ortaya çıkar, düzgün optik yüzey veya yüzeylerin sekansı ile, görüş çizgisi boyunca bir hizaya gelir. Geometrik olarak papyon kravat paterni bir artefakt iken, optik olarak gerçektir.

Normal Güç

Normal güç, ön kamara ile başlayan, normal olarak yüzeylerin sekansının ortama odaklayıcı gücünün ölçümüdür. Optik güçten farklı olarak, normal güç optik olarak uygun kesin ölçümü tanımlamak için bir girişimdir.

Normal güç, başlangıçta ilgili noktaya dikey bir ışın kalemi (paraksiyel ışınların sıkı hüzmesi) yönelterek, ön kornea yüzeyi üzerindeki herhangi bir nokta için lokal olarak hesaplanabilir. Işın kalemi, belirlenmiş yüzey sekansından matematiksel olarak üretilmiş ve ortalama paraaksiyel odak hesaplanmıştır. Normal güç, ortalama fokal uzunluktan hesaplanır.

Ön yüzey noktanın normal gücü bağımsız olarak hesaplandığı için, ne bir ortak fokal nokta ne de güç aksı bulunur. Ancak, optik güç aksı, lokal yüzey normaline hizalandığında, normal güç ve paraaksiyel optik güç eşitlenir. Bu nedenle, normal güç, kornea üzerinde herhangi bir noktadan görüldüğü gibi, optik gücün paraaksiyel kısmıdır.

Optik Akslar

Optik aks, herhangi iki yüzey için, bir nokta kaynağının hizalanması ve onun iki ışın yansıtan görüntüleri ile tanımlanabilir. Böylece, optik aks, her iki yüzeye dikey olarak yöneltilen, kırılan ışık ışınıdır. Eğilmiş optik sistemlerde, insan gözü gibi, optik aks düz bir çizgi değildir, fakat iki tanımlanmış yüzey arasında oluşan kırılma ile eğilir.

Normal pakimetri ve normal ön segment derinliği, başlangıçta ön korneal yüzeye dik olan kırılan ışık ışını boyunca ölçülen mesafelerdir. Bu nicelik haritalarının her biri, bir ikili yüzey optik aksının yerini belirleyen bir lokal aşırılık gösterir. Kornea kalınlığındaki lokal minimum, ön ve arka yüzeylerde tanımlandığı gibi korneal optik aksın orijini. Benzer olarak, ön segment derinliğindeki lokal maksimum, ön kornea ve lensde tanımlandığı gibi ön optik aksın orijini.

Bu her iki optik akslar, 4 purkinje imajlarının birleşmesi ile tanımlanan gözün geleneksel optik aksına yakın uzanır. Ancak, dört imaj genellikle aynı hizaya getirilemediği için, birçok göz için geleneksel aks tanımlanmamıştır. Geleneksel aks varlığında, daima var olan hem korneal hem de ön segment optik aksları ile uyur.

ORBSCAN İLE KULLANILAN OKÜLER SINIRLAR

(YÜZEY MERKEZLERİ)

Genellikle bir yüzey merkezi, çoğunlukla ön kornea olmak üzere bir yüzey üzerinde herhangi bir iyi tanımlanmış noktadır. Bir referans merkezi rastgele kullanılan referans obje ile tanımlanırken, bir sınır işareti merkezi, gözün herhangi bir benzersiz tanımlanmış fiziksel veya optik noktasıdır. Hareketli merkezler, görüntü dönüş noktası üzerine bağlı iken (örn. giriş pupil merkezi), sabit merkezler, göz ve herhangi referans objelerle dönen oküler yüzeyler üzerindeki noktalar.

Optik yüzey düzensizliği

Düzensizlik, veri seti içindeki değerlerin değişikliğini anlatan istatistiksel bir terimdir. Optik yüzey düzensizliği, yüzey kurvatür standart deviasyonuna orantılıdır. Orbscan'e uygulandığı gibi, kurvatürde uzaysal bir varyasyondur ve ortalama ve torik kurvatürlerin standart deviasyonlarının istatistiksel kombinasyonu olarak hesaplanır. Bir spesifik alan için düzensizlik aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\text{Düzensizlik (İrregularite)} = I = [(\sigma(\kappa))^2 + (\sigma(\Delta\kappa))^2]^{1/2}$$

σ = standart deviasyon

κ = ortalama kurvatür $\frac{k_1+k_2}{2}$

$\Delta\kappa$ = torik kurvatür $[k_1-k_2]$

k_1 ve k_2 esas kurvatürleri gösterir.

Orbscan sistemi, düzensizliği aşağıdaki metodu kullanarak hesaplar. Önce, başlangıç dosyasına değiştirilebilen geçerli değerler kullanılarak, başlangıç parametreleri ayarlanır. Başlangıç geçerli pupil çapı 3 mm, ve artan çap için artma 2 mm'dir. Bu ayarlarla birlikte, pupil üzerinde dört olası düzensizlik zonları (3, 5, 7, ve 9 mm) vardır. Sonra, algoritma her zon için örnek kuralları tanımlar. 3 mm zon içinde dokuz konsentrik halka tanımlanmıştır; üniform örnek yoğunluğu sağlamak için kullanılan bir formül ile her halka segmentlere bölünmüştür. Her segmentin merkez noktası tanımlanmıştır. Üçüncü basamakta, algoritma, esas ve ortalama torik kurvatürleri kapsayarak her merkez noktadaki tüm harita zon istatistiklerini hesaplar. Sonra, algoritma ilk zon için bu değerlerin standart deviasyonunu hesaplar ve düzensizliği hesaplamak için formülü uygular. Her zon için bu hesaplanmalar tekrarlanır.

Optik yüzey düzensizliği, yüzey kurvatür standart deviasyonuna orantılıdır. Sonuç olarak, sadece aks bağımsız yüzey kurvatürleri, sadece doğru yüzey özellikleriymiş gibi, hesaplamada kullanılır. Bunlar, lokal yüzey küresellik ölçümü olan ortalama kurvatür, ve lokal silindir ölçümü olan astigmatik kurvatürü kapsar. Bütün kurvatür değişiklikleri önemli olduğu gibi, ortalama ve astigmatik kurvatürün standart deviasyonları, standart kurvatür birimlerindeki (resiprokal metre) düzensizliği vermek için, istatikselsel olarak kombine (değişiklikler eklenmiş) edilmiştir. Resiprokal metre olan kurvatür, keratometrik yüzey için 0.3375 olan yüzey refraktif indeksi ile çarpılarak dioptriye çevrilir. Böylece, düzensizlik için dioptri eşitliği, resiprokal metre cinsinden kurvatür ölçümün yaklaşık üçte biridir.

Düzensizlik Hesaplamalarının Klinik Anlamları

Optik yüzey düzensizliği, refraktif cerrah için önemlidir, çünkü sıklıkla en iyi görme keskinliğinde bir kaybı gösterir. İrregüler astigmatizma yüksek oranda düzensizliğe sahipken, regüler astigmatizma düşük düzensizliğe sahiptir. Düzensizlik ölçümü, keratokonus değerlendirmede, destekleyici gösterge olarak yararlıdır. 1.5'den büyük 3 mm düzensizlik veya 2.0'dan büyük 5 mm düzensizlik, keratokonusun erken işareti olabilirken, 2.0'dan büyük

3 mm düzensizlik veya 2.5'den büyük 5 mm düzensizlik tam keratokonusu işaret edebilir. Düzensizlik, sferosilindirik lenslerle düzeltilemez.

ORBCAN KULLANIM ALANLARI

Orbscan'ın en sık kullanımından biri, lasik cerrahisi için hastaları görüntülemedir. Ektazi riski doğru olarak altı indeks kullanılarak değerlendirilebilir. Bunlar: normal bant ölçęi kullanan anormal haritaların sayısı, iki göz arasında astigmatizmada 1.00 D'den fazla değişim olması, ortalama güç haritasında keratometrik veya korneal diklik, bir arka yüzey değişkenin (posterior float) 0.05 mm'den fazla olması (en yüksek ve en düşük spotlar arası fark), 3 mm ve 5 mm düzensizlik, ve santral kornea kalınlığından en az 20 mikron büyük olmayan bir minimum korneal kalınlıktır.

Arka yüzey değişken (posterior float) 0.05'den büyük olduğunda, posterior elevasyon nadiren tek anormal haritadır. Orbscan normal bant ölçümünde tek anormal harita, başlangıç keratokonusunu işaret etmez, fakat 6-12 ayda bir değişiklikleri görmek için hasta kontrollerini gerektirir. İki anormal harita erken keratokonusa işaret edebilir; veya eğer arka yüzey değişken (posterior float) hafif ince bir kornea ile birlikte anormal ise diğer değişkenlere bağlı olarak iki anormal harita hala keratokonusu gösterebilir. Eğer bir hasta başlangıç keratokonus göstergesi olmayıp, iki anormal haritaya sahipse, yüzey ablasyonu lasikten daha iyi bir prosedür olacaktır. Üç veya daha fazla anormal harita, korneal cerrahi için kontrendikedir ve sıklıkla postlasik ektazi için yüksek risk gösterir (56).

Gözler arasında 1.00 silindirden fazla fark, zamanla artan silindir, aksiyel topografi haritasında papyon kravat paterni, veya kurala aykırı astigmatizma, Orbscan ile belirlenebilen keratokonusun potansiyel göstergeleridir (57). Keratokonus asimetric bir durum olarak bilindiği için, bir göz diğerinden daha hızlı ilerler (58). Orbscan keratometrik ortalama güç haritasında, en dik noktada K değeri 46.00 D'den fazla ise, keratoektazi için yüksek risk öne sürülür.

Lasik cerrahisi sonrası, yaklaşık bir ay sonra, kuru göz ve korneal ödem gibi problemleri değerlendirmede kullanılabilir. Bir aydan kısa sürede, iyileşen gözyaşı veya kornea ödeminden olan yansımalar, Orbscan okumada yanlışıklıkla ektazi sanılabilir.

Ön kamara haritası, ön kamara derinliğini göstererek, fakik IOL'ler için cerrahi planlamada yararlı olabilir.

Pellucid marjinal dejenerasyon teşhisinde kullanılabilir. Klasik öpüşen kuş görünümü sol alt keratometrik aksiyel haritada, aşırı periferik elevasyon sağ ve sol üstte yer alan ön ve arka yüzey haritalarda görülür. Korneanın en dik kısmı daha inferiora yerleşmiştir ve aksiyel topografi papyon kravat paterninde eğilme gösterir. Keratometrik ortalama harita, özellikle periferik alanlarda lokalize inferior korneal dikleşme gösterir.

Keratokonus teşhisi, korneal incelme ve protrüzyon lokalizasyonunu ve büyüklüğünü gösteren Orbscan haritalarla kolaylaşmıştır. Bu haritalar erken keratokonus teşhisinde (başlangıçta arka yüzeyde görünür) ve hastalığın progresyonunu göstermede kullanılabilir. Ortalama güç haritası, inferior korneada Ks'nin 54 D'den büyük olduğunu gösterir.

ŞAŞILIK TEDAVİSİNDE UYGULANAN CERRAHİ İŞLEMLER

1. Rektus Adalelerini Zayıflatan Cerrahi Girişimler

Geriletme:

Adale insersiyoyu yerinden ayrılarak daha gerideki bir bölgede skleraya suture edilir. Kaymanın düzeltilmesinde geriletmenin etkisi rezeksiyona göre daha fazladır. Horizontal şaşılıklarda genelde sadece yakında olan kaymalarda her iki medial rektus geriletmesi, sadece uzakta olan kaymalarda her iki lateral rektus geriletmesi ve yakın-uzak aynı olan kaymalarda geriletme rezeksiyon cerrahisi uygulanır.

Faden ameliyatı (posterior fiksasyon suture):

Adale ekvator arkasında skleraya suture edilerek, tork azaltılır ve adale böylece yalnızca hareket alanında zayıflamış olur. Disosiyasyon vertikal deviasyonda, konverjans fazlalığı tipinde ezotropyada, paralitık şaşılıklar ve konverjans ile azalan nistagmusta uygulanabilir.

Santral Tenotomi:

Maksimal geriletmenin yetersiz kaldığı olgularda, adalenin santral 1/3'ü kesilerek santral liflerin geriye kontrakte olması sağlanır.

Marjinal Miyotomi:

Maksimal geriletmenin yapıldığı rezidüel kaymalarda kullanılır. Ancak cerrahi sonuçların çok değişken olabilmesi ve hemorajinin fazla olması nedeniyle pek tercih edilmez.

2. Rektus Adalelerini Güçlendiren Cerrahi Girişimler:

Rezeksiyon:

Rezeksiyonda adalenin bir kısmı insersiyon arkasındaki bölgeden kesilerek çıkarılır ve adale eski insersiyon yerine yeniden suture edilir. Rezeksiyon kası kısaltır, gerçek anlamda gücünü arttırmaz.

Katlama:

Kasın son kısmı ve tendonu katlanarak kas boyu kısaltılır. Böylece kas hareketinin güçlenmesi sağlanır.

Rektus Adalelerinin Transpozisyonu:

Bu cerrahide rektus adalelerinin insersiyonu kaydırılır. Paralitik kası güçlendirmek amacıyla yapıldığında komşu iki rektus adalesi insersiyon yerinden ayrılarak güçlendirilmek istenen adalenin yanına suture edilir. Paralitik şaşılıklarda, alfabetik paternlerde, horizontal kaymalara eşlik eden komitan kaymaların düzeltilmesinde uygulanabilir. Felçli adale yönünde motilite kazandırmaktan çok gözün primer pozisyonundaki durumu üzerine etkilidir.

Ayarlanabilir Sütür Cerrahisi:

Şaşılık cerrahisinde tedavi sonucu pek çok faktörün etkisi sonucunda değişken olabilmektedir. Bu nedenle cerrahi sonrasındaki ilk 24 saat içerisinde hastanın kayma miktarı, motilite durumu ve diplopişinin varlığına göre gerekli görülürse tedavi miktarını değiştirebilme imkanı veren ayarlanabilir sütür tekniği geliştirilmiştir. Böylece hastanın rezidüel kaymalara bağlı ikincil cerrahi girişim azaltılmış olur. Bu teknikte adale askılı yöntemle absorbe olan sütürlerle geriletilip, sütürler insersiyondan geçirildikten sonra ikinci bağlama fiyonk şeklinde bırakılmaktadır.

3. İnfirior oblik adaleyi zayıflatan girişimler:

Desinsersiyon (tenotomi):

Adalenin skleraya yapıştığı yerden kesilerek ayrılmasıdır. Adalenin skleradan ayrıldıktan sonra ucu koterize edilerek inferior rektus adale (İR) altından retrakte olmaya bırakılır. Serbest kalan adale İR'un alt kısmında skleraya yapışır.

Geriletme:

6-14 mm arasında yapılır. İR'un 2 mm temporalı ve 2 mm posterioru yaklaşık 10 mm'lik geriletmeye denk gelir. Desinsersiyon yapıldığında da adale bu bölgeye yapışmaktadır.

Miyektomi:

İR'un temporalinde inferior oblik (İO) adalenin bir kısmı çıkarılır.

Denervasyon ekstirpasyon:

Rezidü İO hiperfonksiyonunda sekonder girişim olarak uygulanabilir. 3. sinirin alt dalının İO adaleye girdiği bölgede fusiform bir genişleme vardır. Bu bölgede sinir koterize edilerek kesildikten sonra adalede gevşeme olur ve çekilebilen maksimum miktardaki adale segmenti kesilerek çıkartılır.

Anteropozisyon:

İO adaleyi zayıflatmanın yanı sıra elevatör olan adaleyi depresör haline getirmeyi sağlayan bir girişimdir. İO adale skleradan ayrıldıktan sonra adalenin ön kenarı İR insersiyosunun temporal yanına suture edilir, İO adalenin arka kısmı suture edilmeden bırakılabilir veya İR'a paralel olacak şekilde suture edilebilir.

4. Süperior oblik adaleyi zayıflatıcı girişimler:**Tenotomi:**

SR adalesinin nazal veya temporalinden uygulanır.

Geriletme:

Süperior oblik (SO) adaleye temporalden yaklaşılr. Tendon SR nazalinde 4 mm posterior ve 4 mm medyale suture edilir.

Posterior tenektomi:

İntorsiyonun bozulmasının istenmediği durumlarda kullanılır. Özellikle A patern şaşılıklarda aşırı düzelmenin olmaması için önerilmiştir. SO adaleye temporalden yaklaşılr ve adalenin arka kısmından bir kenarı insersio kısmı tarafından oluşturulan üçgen bir parça çıkartılır.

Silikonla SO tendonunun uzatılması:

Dekolman cerrahisinde kullanılan silikon bant, SO tendonu SR'un nazalinde kesildikten sonra ayrılan uçların arasına suture edilmektedir.

5. Süperior oblik adaleyi kuvvetlendiren girişimler:**SO tendon katlaması:**

SR'un temporalinden yaklaşımla uygulanır. 6-18 mm arasında yapılabilir. Absorbe olmayan renkli suture materyali kullanılmalıdır. Konjenital SO felcinde hem etkin hem de güvenilir bir yöntemdir.

Harada-Ito ameliyatı:

SO adalenin torsiyonundan sorumlu olan ön liflerinin selektif olarak kuvvetlendirilmesi esasına dayanır. Bugün kullanılan şekil, Fells modifikasyonu ile olan yöntemdir. SO adaleye temporal kısımdan yaklaştıktan sonra tendon yaklaşık 10 mm'lik bölgeden önde 4 mm genişliğinde tendon kalacak şekilde ikiye ayrılır. Daha sonra öndeki tendon parçası insersio yerinden ayrılır ve LR'un üst kısmına suture edilir. Edinsel SO felcine bağlı torsiyonel diplopiyi düzeltmeye yöneliktir (59).

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı'nda şaşılık ameliyatı yapılan 26 hastanın 36 gözü prospektif olarak değerlendirildi. Korneal skar veya opasitesi olanlar, yaşı gerçek fiksasyon sağlayamayacak kadar küçük olan hastalar çalışmaya alınmadı.

Çalışmaya katılan hastaların preoperatif ve postoperatif birinci hafta, birinci ay, üçüncü aydaki sikloplejinli refraksiyon değerleri kaydedildi. Sikloplejinli refraksiyon için %1'lik siklopentolat hidroklorür kullanıldı. On dakika ara ile üç kez siklopentolat hidroklorür damlatıldıktan 45 dakika sonra ölçümler alınıp kaydedildi. Hastaların preoperatif ve postoperatif birinci hafta, birinci ay ve üçüncü ayda korneal topografi ölçümleri alındı. Korneal topografi ölçümü, Orbscan II (Orbtek, Inc) ile yapıldı. Her göze en az iki kez ölçüm yapıldı. Orbscan korneal topografi ile ölçülen ön kamara derinliği, keratometrik değerler, pakimetrik değerler, preoperatif ve postoperatif olarak değerlendirildi.

Orbscan II (Orbtek, Inc) ile keratometrik ölçümler yapılırken tanjansiyel güç haritası kullanıldı. Keratometrik, ön, arka ve total olarak dört tip harita ölçümü yapıldı. Her harita ölçümünde ayrı ayrı, üç ve beş mm zonlarda, 0, 90, 180 ve 270 derecede alınan değerler, preoperatif ve postoperatif olarak kaydedildi. Bu değerlerin diyoptri cinsinden ortalamaları (K değeri) hesaplandı. Pakimetri haritası ile ölçülen santral kornea kalınlık değerleri de preoperatif ve postoperatif olarak kaydedildi.

Preoperatif ve postoperatif kontrol muayenesinde, siklopleji sonrası otorefraktometre ile, her iki gözün ölçümleri yapılarak sağlanan sferik ve silindirik değerler aşağıdaki formüllere göre çevrildi (9).

$$\text{Sferik eşdeğer} = \text{sferik değer (dioptri)} + \frac{1}{2} \text{silindirik değer (dioptri)}$$

Silindirik lensin herhangi bir meridyendeki gücünü hesaplamak için kullanılan sine² formülü kullanıldı:

$$\text{Silindirik güç} = \text{silindirik değer (dioptri)} \cdot \text{sine}^2 [\text{referans meridyen} - x]$$

Bu formülde x düzeltilen silindirin aksına eşittir.

Her refraksiyon için 90 ve 180 derecedeki meridyenlerde (yani referans meridyen 90 veya 180 derece kabul edildi) güç hesaplandı. Meridyenel eşdeğer, her referans meridyendeki silindirik güç olarak tanımlandı. Bu hesaplama, preoperatif ve postoperatif refraksiyonlarda, iki major meridyendeki silindirik gücün direkt istatistiksel olarak karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır.

Preoperatif ve postoperatif sferik ve meridyenel eşdeğerler arasındaki fark, preoperatif değerleri postoperatif değerlerden çıkartarak elde edildi. Bu işlem, her postoperatif inceleme (birinci hafta, birinci ay, üçüncü ay) için yapıldı. Ortalama ve standart sapma her ölçüm değer için hesaplandı. Ortalama farklarda artı (+) değerler kırıcılıktaki azalmayı, eksi (-) değerler kırıcılıktaki artmayı ifade etmektedir.

Çalışmaya alınan hastalar, rektus kas cerrahisi yapılanlar (oblik kas ile kombine veya değil) (grup 1), ve yalnızca oblik kas cerrahisi yapılanlar (grup 2) olarak iki gruba ayrıldı. Oblik kas cerrahisi yapılan tüm hastalara İO tenotomi uygulandı. Bunun dışında tüm olgular içinden ameliyat sırasında yapılan traksiyon testi pozitif olanlar restriktif grup (grup 3) olarak ayrıca tekrar değerlendirildi. Ameliyatlar genel anestezi altında yapıldı. Ameliyat şekline göre limbus veya forniks tabanlı olarak konjonktiva açıldı. Kas bulunduktan sonra geriletme uygulamalarında belirlenen geriletme yerine, rezeksiyon ve ayarlanabilir sütür uygulamalarında ise kasın eski yapışma yerine 6-0 vikril ile sütüre edildi. Konjonktiva tüm olgularda 7-0 vikril ile kapatıldı. Olgular bir ay boyunca antibiyotikli ve steroidli göz damlası kullandılar.

İstatistiksel analizde bağımlı gruplarda t testi, tekrarlayan ölçümlerde varyans analizi (ANOVA), Friedman testi, Wilcoxon eşleştirilmiş örnek testi kullanıldı. Bonferroni düzeltmesi yapılarak p değeri 0,01 altında istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Yaş ortalaması $13,6 \pm 9,5$ (yaş aralığı 6-50) olan, 17'si kız, 9'u erkek 26 olgunun 36 gözü çalışmaya alındı.

Çalışmaya alınan olguların %50'sinde (26 olgunun 13'ü) sağ göze, %50'sinde (26 olgunun 13'ü) sol göze, %38,5'unda her iki göze cerrahi uygulandı. Beş olgu önceden şaşılık cerrahisi geçirmişti. Tablo I'de hastaların tanılarını gösterilmiştir. Olgulara uygulanan cerrahi girişimler ise Tablo II'de özetlenmiştir. En sık uygulanan cerrahi tipi geriletme-rezeksiyon olup, 7 hastaya uygulanmıştır.

Tablo I. Olguların tanılarına göre dağılımı

Tanı	N*
İnfanıl ezotropanya	5
Sabit ezotropanya	2
İnfanıl ezotropanya, DVD	1
Sabit ekzotropanya	2
Sabit ekzotropanya, DVD, İO hiperfonksiyonu	1
Konverjans yetmezliği, DVD, A patern	1
Sabit ekzotropanya, DVD, A patern	1
4. KS felci	6
Duane retraksiyon sendromu	4
4. KS felci, 6. KS felci	1
Çift elevatör felci	1
Yalancı diverjans fazlalığı	1
Toplam	26

*: Hasta sayısı

Tüm hastalar için her postoperatif takipteki sferik ve meridyenel eşdeğerdeki farkların ortalamaları, Tablo III'de gösterilmektedir. Ortalama farklarda artı (+) değerler kırıcılıktaki azalmayı, eksi (-) değerler kırıcılıktaki artmayı ifade etmektedir. Sferik eşdeğer farkları, her postoperatif takip için pozitif yönde kayma göstermekle birlikte, sadece postoperatif birinci haftada elde edilen ölçüm değerleri preoperatif ölçümleri ile karşılaştırıldığında aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p=0,00$). Meridyenel eşdeğer farklarının 90 derece ve 180 derecedeki değerleri, postoperatif birinci hafta, birinci ay, ve üçüncü ayda, preoperatif ölçümleri ile karşılaştırıldığında aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (Tablo

III). Tüm hastalarda sferik eşdeğer farkının cerrahi sonrasındaki seyri Şekil 1’de gösterilmiştir.

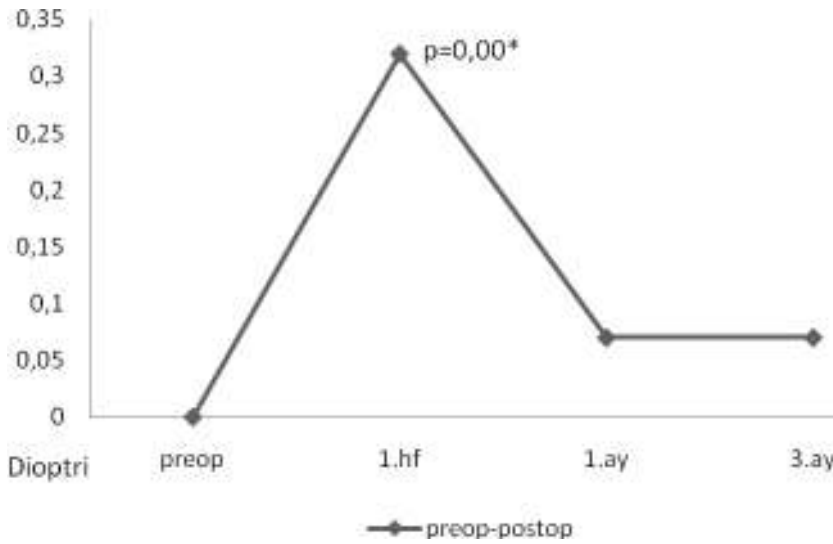
Tablo II. Uygulanan cerrahi girişimlerin olgular ve gözlerdeki dağılımı

Ameliyat tipi	N*	Göz	TT (+)
Rektus kas cerrahisi yapılanlar (grup1)			
Geriletme-rezeksiyon	7	7	2
MR geriletme	3	5	4
LR geriletme	1	1	1
LR rezeksiyon	1	2	
MR geriletme, LR rezeksiyon, rektusların yukarı transpozisyonu	2	2	1
İO tenotomi, SR geriletme	1	1	
Bimedial santral tenotomi, bilateral faden, LR rezeksiyon	1	2	1
Bilateral İOAT, LR geriletme, MR rezeksiyon	1	2	
Bilateral SR geriletme, MR rezeksiyon, SO posterior tenektomi	1	2	
Bilateral SR geriletme, LR geriletme, SO posterior tenektomi	1	2	
MR geriletme, LR Y splitting	1	1	1
Bilateral Harada-İto, MR geriletme	1	2	
Oblik kas cerrahisi yapılanlar (grup 2)			
İO tenotomi	5	7	
Toplam	26	36	

*: Hasta sayısı, TT (+) : Traksiyon testi pozitif göz sayısı

Tablo III. Tüm hastalar için refraksiyon değişiklikleri

	Postoperatif takip (ort ± SD)		
	1. hafta	1. ay	3. ay
Sferik eşdeğer			
Postop-preop fark	0,32 ± 0,35 dioptri	0,07 ± 0,31 dioptri	0,07 ± 0,31 dioptri
p değeri	0,00	0,15	0,15
Meridyenel eşdeğer 90°			
Postop-preop fark	0,20 ± 0,87 dioptri	0,33 ± 0,95 dioptri	0,27 ± 0,91 dioptri
p değeri	0,17	0,04	0,08
Meridyenel eşdeğer 180°			
Postop-preop fark	-0,09 ± 0,43 dioptri	0,04 ± 0,50 dioptri	0,04 ± 1,12 dioptri
p değeri	0,19	0,63	0,83



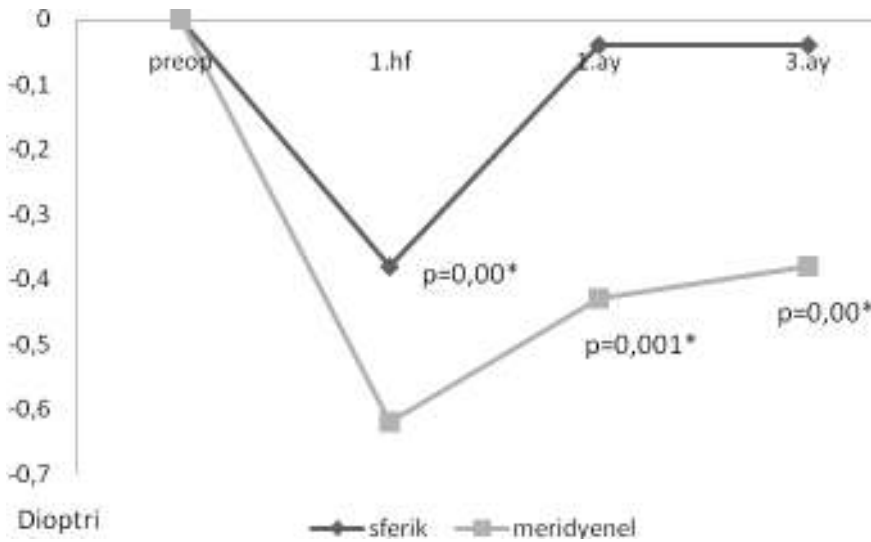
Şekil 1. Tüm hastalarda sferik eşdeğer farkının cerrahi sonrasındaki seyri

Üç grup için preoperatif ve postoperatif refraksiyon değişimlerine bakıldığında sadece grup 1’de istatistiksel olarak anlamlı fark görülürken, grup 2 ve grup 3’de istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı. Grup 1’e ait preoperatif ve postoperatif refraksiyon değişimleri Tablo IV ve Şekil 2’de gösterilmiştir. Grup 2 ve 3’e ait preoperatif ve postoperatif refraksiyon değişimleri Tablo V ve VI’da gösterilmiştir.

İstatistik değerlendirme için yapılan meridyenel eşdeğer analizi, astigmattaki olası aks değişimini gizleyebileceğinden, astigmattaki aks farklılıkları tüm hastalarda ve gruplarda değerlendirildi, ve bunda da anlamlı bir fark görülmedi (Tablo VII- X).

Tablo IV. Grup 1 için refraksiyon değişiklikleri

	Postoperatif takip (ort ± SD)		
	1. hf	1. ay	3. ay
Sferik eşdeğer			
Postop-preop fark p değeri	-0,38 ± 0,38 dioptri 0,00	-0,04 ± 0,28 dioptri 0,675	-0,04 ± 0,28 dioptri 0,675
Meridyenel eşdeğer 90°			
Postop-preop fark p değeri	-0,24 ± 0,10 dioptri 0,103	-0,39 ± 1,05 dioptri 0,001	-0,34 ± 1,0 dioptri 0,00
Meridyenel eşdeğer 180°			
Postop-preop fark p değeri	0,15 ± 0,47 dioptri 0,187	-0,02 ± 0,56 dioptri 0,732	-0,027 ± 1,2 dioptri 0,244



Şekil 2. Grup 1’de sferik ve meridyenel 90° eşdeğer farkının cerrahi sonrasındaki seyri

Tablo V. Grup 2 için refraksiyon değişiklikleri

	Postoperatif takip (ort ± SD)		
	1. hf	1. ay	3. ay
Sferik eşdeğer			
Postop-preop fark p değeri	-0,12 ± 0,04 dioptri 0,018	-0,21 ± 0,41 dioptri 0,39	-0,21 ± 0,41 dioptri 0,39
Meridyenel eşdeğer (90°)			
Postop-preop fark p değeri	-0,005 ± 0,15 dioptri 0,5	-0,09 ± 0,21 dioptri 0,22	0,007 ± 0,27 dioptri 0,87
Meridyenel eşdeğer (180°)			
Postop-preop fark p değeri	-0,10 ± 0,16 dioptri 0,138	-0,10 ± 0,23 dioptri 0,465	-0,09 ± 0,24 dioptri 0,866

Tablo VI. Grup 3 için refraksiyon değişiklikleri

	Postoperatif takip (ort ± SD)		
	1. hf	1. ay	3. ay
Sferik eşdeğer			
Postop-preop fark p değeri	-0,10 ± 0,25 dioptri 0,236	0,027 ± 0,25 dioptri 0,673	0,027 ± 0,25 dioptri 0,673
Meridyonel eşdeğer (90°)			
Postop-preop fark p değeri	-0,20 ± 0,22 dioptri 0,012	-0,38 ± 0,66 dioptri 0,021	-0,22 ± 0,21 dioptri 0,08
Meridyonel eşdeğer (180°)			
Postop-preop fark p değeri	0,45 ± 0,46 dioptri 0,025	0,01 ± 0,83 dioptri 0,674	0,41 ± 0,42 dioptri 0,051

Tablo VII. Tüm hastalarda astigmatik aksta postoperatif dönemde oluşan değişiklikler

	Astigmatik aks farkı (ort ± SD)	p değeri
Preop-postop 1hf	40,5 ± 47,8	0,14
Preop-postop 1ay	48,9 ± 57,2	
Preop-postop 3ay	57,9 ± 57,8	

Tablo VIII. Grup 1’de astigmatik aksta postoperatif dönemde oluşan değişiklikler

	Astigmatik aks farkı (ort ± SD)	p değeri
Preop-postop 1hf	48,6 ± 50,4	0,28
Preop-postop 1ay	49,2 ± 55,7	
Preop-postop 3ay	59,3 ± 58,1	

Tablo IX. Grup 2’de astigmatik aksta postoperatif dönemde oluşan değişiklikler

	Astigmatik aks farkı (ort ± SD)	p değeri
Preop-postop 1hf	9,1 ± 11,7	0,2
Preop-postop 1ay	47,8 ± 67,6	
Preop-postop 3ay	52,7 ± 60,9	

Tablo X. Grup 3’de astigmatik aksta postoperatif dönemde oluşan değişiklikler

	Astigmatik aks farkı (ort ± SD)	p değeri
Preop-postop 1hf	33,0 ± 38,5	0,8
Preop-postop 1ay	40,3 ± 45,9	
Preop-postop 3ay	46,0 ± 41,9	

Orbscan ile yapılan dörütlü haritadaki ön kamara derinliği (ÖKD) ölçümleri, preoperatif ve postoperatif birinci hafta, birinci ay, ve üçüncü ayda karşılaştırıldı. ÖKD’de tüm hastalarda ve gruplarda preoperatif ve postoperatif karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (Tablo XI- XII).

Tablo XI. Tüm hastalarda ön kamara derinliği (ÖKD) preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

	Preop-postop 1hf (ort ± SD)	Preop-postop 1 ay (ort ± SD)	Preop-postop 3ay (ort ± SD)
ÖKD (mm)	-0,04 ± 0,09	-0,04 ± 0,10	-0,03 ± 0,12
p değeri	0,02	0,03	0,13

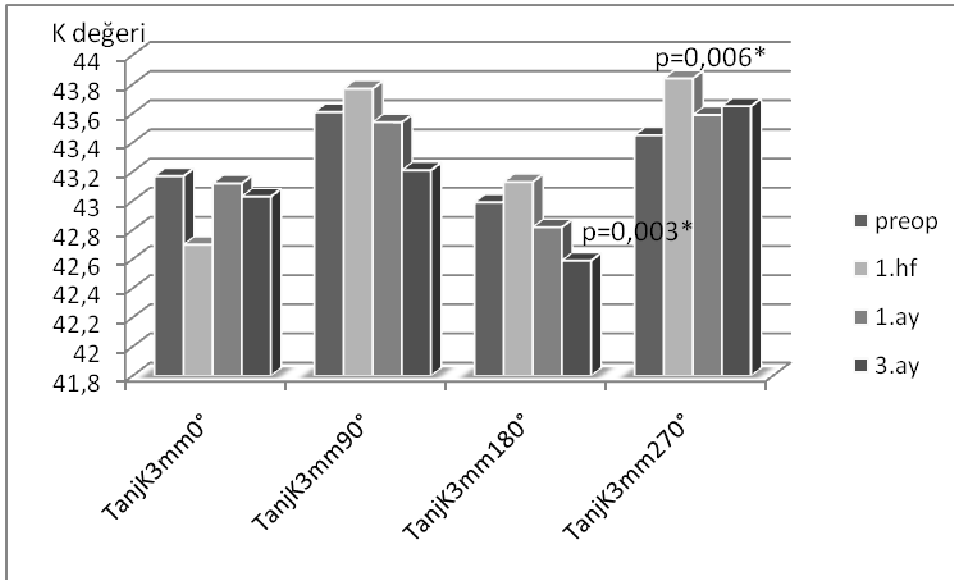
Tablo XII. Gruplarda ön kamara derinliği (ÖKD) preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

	Grup 1		Grup 2		Grup 3	
	ÖKD (mm) (ort ± SD)	p	ÖKD (mm) (ort ± SD)	p	ÖKD (mm) (ort ± SD)	p
Preop	3,30 ± 0,31		3,51 ± 0,34		3,37 ± 0,37	
Postop 1hf	3,33 ± 0,31	0,05	3,53 ± 0,37	0,70	3,43 ± 0,37	0,02
Postop 1ay	3,33 ± 0,33	0,16	3,56 ± 0,35	0,06	3,45 ± 0,38	0,20
Postop 3ay	3,32 ± 0,34	0,05	3,57 ± 0,34	0,03	3,46 ± 0,37	0,04

Tanjansiyel güç haritasının keratometrik, anterior, posterior, total tipleri kullanılarak tüm hastalardan ölçümler alındı. Artı (+) değerler kurvatürdeki düzleşmeyi (kırıcılıkta azalmayı), eksi (-) değerler kurvatürdeki dikleşmeyi (kırıcılıkta artmayı) göstermektedir. Tanjansiyel güç keratometrik haritasında 3 mm’lik zonda, postoperatif üçüncü ayda, 180 derecede ve postoperatif birinci haftada 270 derecede bulunan değerler, preoperatif değerlerle karşılaştırıldı ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (Tablo XIII). Şekil 3’de tüm hastalarda tanjansiyel güç keratometrik haritasında 3 mm zondaki K değerlerindeki değişimler gösterildi.

Tablo XIII. Tanjansiyel güç keratometrik haritasının tüm hastalarda preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

K değeri 3 mm zon	Preop-postop 1hf (ort ± SD)	Preop-postop 1ay (ort ± SD)	Preop-postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	0,48 ± 1,9 0,15	0,05 ± 0,48 0,53	0,14 ± 0,53 0,12
90 derece p değeri	-0,15 ± 1,03 0,38	0,07 ± 0,87 0,61	0,4±0,98 0,02
180 derece p değeri	-0,14 ± 0,7 0,25	0,18 ± 0,94 0,26	0,4 ± 0,75 0,003
270 derece p değeri	-0,39 ± 0,8 0,006	-0,14 ± 0,65 0,20	-0,20 ± 0,20 0,09
5 mm zon	Preop-postop 1hf (ort ± SD)	Preop-postop 1ay (ort ± SD)	Preop-postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	-0,001 ± 1,4 0,995	-0,09 ± 1,32 0,682	-0,2 ± 1,04 0,269
90 derece p değeri	-0,12 ± 0,69 0,27	0,45 ± 0,85 0,75	0,25 ± 0,66 0,03
180 derece p değeri	-0,16 ± 1,36 0,482	-0,14 ± 1,21 0,468	0,41 ± 1,16 0,041
270 derece p değeri	-0,21 ± 0,82 0,131	-0,27 ± 0,88 0,075	-0,25 ± 0,95 0,123



Şekil 3. Tüm hastalarda tanjansiyel güç keratometrik (TanjK) harita 3 mm zondaki değişimler

Tanjansiyel güç anterior, posterior ve total haritalarının tüm hastalar için preoperatif ve postoperatif karşılaştırılmasında elde edilen fark istatistiksel olarak anlamlı değildi (Tablo XIV- XVI).

Tablo XIV. Tanjansiyel güç anterior haritasının tüm hastalarda preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

3 mm zon	Preop-postop 1hf (ort ± SD)	Preop-postop 1ay (ort ± SD)	Preop-postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	0,18 ± 0,81 0,185	0,64 ± 0,53 0,478	0,15 ± 0,60 0,125
90 derece p değeri	-0,17 ± 1,13 0,363	0,08 ± 0,96 0,620	0,41 ± 1,09 0,028
180 derece p değeri	-0,18 ± 0,82 0,195	0,16 ± 1,04 0,339	0,37 ± 0,83 0,011
270 derece p değeri	-0,38 ± 0,90 0,017	-0,17 ± 0,70 0,153	-0,18 ± 0,72 0,148
5 mm zon	Preop-postop 1hf (ort ± SD)	Preop-postop 1ay (ort ± SD)	Preop-postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	0,19 ± 1,60 0,944	-0,04 ± 1,34 0,841	-0,14 ± 1,18 0,487
90 derece p değeri	-0,14 ± 0,77 0,286	0,11 ± 0,95 0,481	0,28 ± 0,72 0,026
180 derece p değeri	-0,08 ± 1,60 0,767	0,006 ± 1,31 0,976	0,50 ± 1,21 0,017
270 derece p değeri	-0,22 ± 0,90 0,143	-0,25 ± 0,95 0,115	-0,25 ± 1,02 0,141

Tablo XV. Tanjansiyel güç posterior haritasının tüm hastalarda preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

3 mm zon	Preop-postop 1hf (ort ± SD)	Preop-postop 1ay (ort ± SD)	Preop-postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	0,15 ± 0,45 0,056	0,16 ± 0,43 0,035	-0,028 ± 0,43 0,707
90 derece p değeri	0,037 ± 0,30 0,461	0,064 ± 0,36 0,297	0,005 ± 0,32 0,927
180 derece p değeri	-0,03 ± 0,43 0,655	-0,11 ± 0,53 0,196	0,067 ± 0,38 0,311
270 derece p değeri	0,09 ± 0,39 0,158	0,07 ± 0,32 0,178	0,88 ± 0,32 0,114
5 mm zon	Preop-postop 1hf (ort ± SD)	Preop-postop 1ay (ort ± SD)	Preop-postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	-0,008 ± 0,60 0,936	-0,0005 ± 0,53 0,995	-0,004 ± 0,53 0,958
90 derece p değeri	-0,043 ± 0,63 0,681	-0,06 ± 0,58 0,499	-0,046 ± 0,63 0,661
180 derece p değeri	-0,048 ± 0,51 0,587	-0,024 ± 0,45 0,748	-0,065 ± 0,47 0,414
270 derece p değeri	-0,08 ± 0,51 0,357	-0,08 ± 0,48 0,326	-0,31 ± 2,09 0,375

Tablo XVI. Tanjansiyel güç total haritasının tüm hastalarda preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

3 mm zon	Preop-postop 1hf (ort ± SD)	Preop-postop 1ay (ort ± SD)	Preop-postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	0,35 ± 1,02 0,048	0,22 ± 0,64 0,050	0,13 ± 0,75 0,291
90 derece p değeri	-0,14 ± 1,11 0,443	0,095 ± 1,00 0,575	0,46 ± 1,08 0,016
180 derece p değeri	-0,29 ± 0,85 0,045	0,015 ± 1,15 0,939	0,36 ± 0,80 0,011
270 derece p değeri	-0,28 ± 0,91 0,069	-0,06 ± 0,77 0,633	-0,065 ± 0,83 0,643
5 mm zon	Preop-postop 1hf (ort ± SD)	Preop-postop 1ay (ort ± SD)	Preop-postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	0,051 ± 1,92 0,874	-0,051 ± 1,40 0,827	-0,14 ± 1,28 0,516
90 derece p değeri	-0,18 ± 0,93 0,243	0,012 ± 1,20 0,952	0,22 ± 0,84 0,114
180 derece p değeri	-0,13 ± 1,5 0,60	0,09 ± 1,47 0,717	0,50 ± 1,33 0,028
270 derece p değeri	-0,36 ± 1,13 0,064	-0,35 ± 1,05 0,051	-0,27 ± 0,98 0,105

Tüm hastalarda ve gruplarda pakimetrik haritadaki santral kornea kalınlığının postoperatif birinci hafta, birinci ay, ve üçüncü aydaki ölçümleri, preoperatif ölçümler ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (Tablo XVII- XVIII).

Tablo XVII. Tüm hastalarda santral kornea kalınlığının (SKK) preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

	Preop-postop 1hf (ort ± SD)	Preop-postop 1 ay (ort ± SD)	Preop-postop 3ay (ort ± SD)
SKK (µm)	2,11 ± 8,9	2,8 ± 8,5	-1,6 ± 7,4
p değeri	0,164	0,06	0,185

Tablo XVIII. Gruplarda santral kornea kalınlığının (SKK) preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

	Grup 1		Grup 2		Grup 3	
	SKK (mm) (ort ± SD)	p	SKK (mm) (ort ± SD)	p	SKK (mm) (ort ± SD)	p
Preop	529,9 ± 48,5		527,7 ± 35,7		550,7 ± 26,9	
Postop 1hf	527,7 ± 48,0	0,21	526,0 ± 33,8	0,5	550,8 ± 29,5	0,9
Postop 1ay	526,2 ± 47,5	0,03	528,8 ± 40,5	0,7	542,8 ± 26,0	0,05
Postop 3ay	531,0 ± 46,2	0,3	531,7 ± 35,3	0,15	550,9 ± 24,3	0,7

Grup 1 ve grup 2'nin tanjansiyel güç haritalarına bakıldığında sadece grup 1'in keratometrik ve anterior tip haritalarında bazı kadrantlardaki postoperatif ölçümler, preoperatif ölçümler ile karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (Tablo XIX-XXVI). Grup 1'de tanjansiyel güç keratometrik haritasında 3 mm'de 180°'de üçüncü ayda ve 270°'de birinci haftada preoperatif değerlere göre anlamlı fark bulunurken, 5 mm'de 90°'de üçüncü ayda ve 270°'de birinci ayda anlamlı fark bulundu (Şekil 4-5). Grup 1 tanjansiyel güç anterior haritasında ise 3 mm'de 180°'de üçüncü ayda, 5 mm'de 90°'de üçüncü ayda preoperatif ölçümlere göre anlamlı fark bulundu (Şekil 6-7). Grup 3'te ise tanjansiyel güç haritalarındaki postoperatif birinci hafta, birinci ay, ve üçüncü aydaki değerler preoperatif değerler ile karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (Tablo XXVII- XXX).

Tablo XIX. Tanjansiyel güç keratometrik haritasının grup 1’de preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

3 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	43,3 ± 1,4	42,7 ± 2,4 0,11	43,3 ± 1,6 0,84	43,1 ± 1,4 0,03
90 derece p değeri	43,7 ± 1,6	43,9 ± 1,6 0,36	43,7 ± 1,2 0,72	43,4 ± 1,4 0,19
180 derece p değeri	43,1 ± 1,5	43,2 ± 1,7 0,27	42,9 ± 1,7 0,15	42,6 ± 1,4 0,002
270 derece p değeri	43,5 ± 1,38	44,0 ± 1,7 0,007	43,7 ± 1,6 0,18	43,7 ± 1,4 0,12
5 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	41,7 ± 2,0	41,8 ± 1,8 0,86	41,7 ± 2,3 0,68	41,9 ± 1,7 0,60
90 derece p değeri	43,1 ± 1,5	43,2 ± 1,3 0,91	42,9 ± 1,7 0,65	42,8 ± 1,4 0,007
180 derece p değeri	41,6 ± 2,1	41,7 ± 2,0 0,58	41,8 ± 1,8 0,76	41,10 ± 2,1 0,03
270 derece p değeri	42,9 ± 1,5	43,2 ± 1,4 0,09	43,4 ± 1,5 0,006	43,2 ± 1,3 0,30

Tablo XX. Tanjansiyel güç anterior haritasının grup 1’de preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

3 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	48,2 ± 1,6	47,9 ± 1,5 0,22	48,2 ± 1,8 0,88	48,0 ± 1,5 0,02
90 derece p değeri	48,7 ± 1,8	48,9 ± 1,8 0,33	48,7 ± 1,4 0,65	48,3 ± 1,6 0,18
180 derece p değeri	48,0 ± 1,7	48,2 ± 1,9 0,20	47,8 ± 1,9 0,28	47,5 ± 1,6 0,009
270 derece p değeri	48,5 ± 1,5	48,9 ± 1,9 0,02	48,7 ± 1,8 0,15	48,7 ± 1,6 0,24
5 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	46,6 ± 2,2	46,6 ± 2,1 0,94	46,5 ± 2,5 0,93	46,6 ± 1,9 0,96
90 derece p değeri	48,0 ± 1,7	48,0 ± 1,5 0,9	47,8 ± 1,8 0,3	47,7 ± 1,6 0,004
180 derece p değeri	46,4 ± 2,4	46,4 ± 2,3 0,82	46,3 ± 2,0 0,78	45,8 ± 2,4 0,01
270 derece p değeri	47,8 ± 1,7	48,1 ± 1,5 0,11	48,3 ± 1,6 0,02	48,1 ± 1,4 0,40

Tablo XXI. Tanjansiyel güç posterior haritasının grup 1 'de preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

3 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	-6,02 ± 0,3	-6,2 ± 0,6 0,05	-6,17 ± 0,4 0,12	-6,06 ± 0,4 0,35
90 derece p değeri	-6,45 ± 0,4	-6,46 ± 0,4 0,72	-6,48 ± 0,4 0,57	-6,41 ± 0,4 0,50
180 derece p değeri	-6,0 ± 0,5	-5,92 ± 0,6 0,4	-5,87 ± 0,35 0,3	-6,03 ± 0,4 0,8
270 derece p değeri	-6,46 ± 0,4	-6,63 ± 0,55 0,03	-6,58 ± 0,4 0,07	-6,58 ± 0,5 0,1
5 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	-5,92 ± 0,6	-5,95 ± 0,9 0,83	-5,93 ± 0,9 0,94	-5,94 ± 0,8 0,7
90 derece p değeri	-5,51 ± 0,6	-5,53 ± 0,6 0,9	-5,50 ± 0,5 0,9	-5,47 ± 0,6 0,47
180 derece p değeri	-5,89 ± 0,7	-5,82 ± 0,7 0,6	-5,9 ± 0,7 0,8	-5,8 ± 0,7 0,9
270 derece p değeri	-5,91 ± 0,4	-5,88 ± 0,3 0,4	-5,87 ± 0,5 0,4	-5,54 ± 2,2 0,5

Tablo XXII. Tanjansiyel güç total haritasının grup 1 'de preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

3 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	42,2 ± 1,5	41,8 ± 1,4 0,05	42,0 ± 1,7 0,2	41,93 ± 1,5 0,03
90 derece p değeri	42,2 ± 1,6	42,5 ± 1,6 0,3	42,2 ± 1,3 0,5	41,9 ± 1,5 0,1
180 derece p değeri	41,9 ± 1,4	42,3 ± 1,8 0,012	41,9 ± 1,9 0,9	41,5 ± 1,6 0,02
270 derece p değeri	42,0 ± 1,38	42,3 ± 1,7 0,1	42,1 ± 1,5 0,9	42,1 ± 1,3 0,8
5 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	40,6 ± 2,1	40,6 ± 1,9 0,7	40,5 ± 2,0 0,7	40,7 ± 1,9 0,9
90 derece p değeri	42,5 ± 1,4	42,5 ± 1,5 0,9	42,3 ± 1,6 0,4	42,2 ± 1,3 0,04
180 derece p değeri	40,7 ± 1,8	40,7 ± 2,0 0,9	40,5 ± 1,6 0,3	40,0 ± 2,0 0,02
270 derece p değeri	41,9 ± 1,6	42,2 ± 1,5 0,1	42,4 ± 1,5 0,014	42,2 ± 1,4 0,2

Tablo XXIII. Tanjansiyel güç keratometrik haritasının grup 2’de preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

3 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	42,7 ± 1,8	42,7 ± 1,8 0,3	42,5 ± 1,9 0,09	42,8 ± 1,9 0,2
90 derece p değeri	43,3 ± 2,3	43,1 ± 2,4 0,6	42,9 ± 2,7 0,2	42,5 ± 2,5 0,03
180 derece p değeri	42,5 ± 1,8	42,6 ± 1,9 0,8	42,5 ± 2,0 0,6	42,5 ± 1,8 0,6
270 derece p değeri	43,2 ± 1,8	43,2 ± 2,1 0,8	43,1 ± 2,0 0,7	43,2 ± 2,3 0,9
5 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	41,3 ± 2,4	41,1 ± 1,9 0,5	41,8 ± 1,8 0,2	41,7 ± 1,9 0,12
90 derece p değeri	42,1 ± 2,5	42,7 ± 2,4 0,02	42,7 ± 2,9 0,2	42,4 ± 2,6 0,3
180 derece p değeri	41,0 ± 1,9	41,4 ± 2,5 0,2	41,1 ± 2,7 0,8	40,8 ± 2,3 0,7
270 derece p değeri	42,6 ± 1,9	42,6 ± 2,1 0,5	42,1 ± 2,6 0,2	42,7 ± 2,2 0,9

Tablo XXIV. Tanjansiyel güç anterior haritasının grup 2’de preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

3 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	47,5 ± 2,0	47,6 ± 2,0 0,3	47,3 ± 2,1 0,1	47,7 ± 2,1 0,2
90 derece p değeri	48,2 ± 2,6	48,0 ± 2,7 0,6	47,8 ± 2,9 0,2	47,6 ± 3,0 0,2
180 derece p değeri	47,3 ± 2,0	47,5 ± 2,1 0,8	47,3 ± 2,3 0,8	47,3 ± 2,3 0,02
270 derece p değeri	48,1 ± 2,0	48,1 ± 2,3 0,8	48,0 ± 2,3 0,7	48,1 ± 2,5 0,9
5 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	46,0 ± 2,6	45,8 ± 2,0 0,3	46,6 ± 2,0 0,2	46,5 ± 2,2 0,2
90 derece p değeri	46,9 ± 2,8	47,6 ± 2,7 0,02	47,5 ± 3,3 0,2	47,2 ± 2,8 0,4
180 derece p değeri	45,7 ± 2,1	46,0 ± 2,8 0,3	45,8 ± 3,0 0,8	45,5 ± 2,6 0,6
270 derece p değeri	47,5 ± 2,5	47,4 ± 2,4 0,5	47,0 ± 2,9 0,2	47,5 ± 2,5 0,9

Tablo XXV. Tanjansiyel güç posterior haritasının grup 2’de preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

3 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	-6,0 ± 0,4	-6,0 ± 0,4 0,8	-6,2 ± 0,6 0,3	-5,7 ± 0,4 0,03
90 derece p değeri	-6,3 ± 0,5	-6,5 ± 0,4 0,5	-6,5 ± 0,5 0,03	-6,5 ± 0,5 0,04
180 derece p değeri	-5,7 ± 0,5	-5,9 ± 0,4 0,06	-5,7 ± 0,7 0,8	-6,0 ± 0,4 0,06
270 derece p değeri	-6,6 ± 0,4	-6,4 ± 0,6 0,07	-6,4 ± 0,5 0,5	-6,5 ± 0,4 0,7
5 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	-5,8 ± 0,6	-5,7 ± 0,4 0,2	-5,8 ± 0,6 0,3	-5,7 ± 0,8 0,5
90 derece p değeri	-5,4 ± 0,7	-5,0 ± 0,7 0,05	-5,0 ± 0,6 0,1	-5,3 ± 0,6 0,5
180 derece p değeri	-5,8 ± 0,6	-5,9 ± 0,7 0,8	-5,7 ± 0,6 0,7	-5,7 ± 0,5 0,4
270 derece p değeri	-5,9 ± 0,4	-5,6 ± 0,4 0,3	-5,6 ± 0,5 0,2	-5,8 ± 0,5 0,8

Tablo XXVI. Tanjansiyel güç total haritasının grup 2’de preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

3 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	41,4 ± 1,7	41,6 ± 1,7 0,5	41,0 ± 1,9 0,1	41,9 ± 1,9 0,06
90 derece p değeri	41,9 ± 2,2	41,5 ± 2,3 0,5	41,2 ± 2,6 0,2	41,0 ± 2,5 0,01
180 derece p değeri	41,6 ± 1,8	41,5 ± 2,0 0,7	41,6 ± 1,8 0,7	41,3 ± 1,7 0,2
270 derece p değeri	41,5 ± 1,7	41,7 ± 2,2 0,2	41,6 ± 1,8 0,4	41,6 ± 2,3 0,9
5 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	40,2 ± 2,2	40,1 ± 1,9 0,5	40,8 ± 1,5 0,2	40,6 ± 1,9 0,2
90 derece p değeri	41,6 ± 2,2	42,5 ± 2,1 0,02	42,5 ± 3,0 0,1	41,8 ± 2,3 0,2
180 derece p değeri	39,8 ± 1,8	40,2 ± 2,3 0,4	40,2 ± 2,6 0,7	39,7 ± 2,2 0,9
270 derece p değeri	41,6 ± 1,7	42,1 ± 2,2 0,2	41,3 ± 2,7 0,5	41,7 ± 2,3 0,6

Tablo XXVII. Tanjansiyel güç keratometrik haritasının grup 3’te preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

3 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	42,8 ± 1,3	42,3 ± 1,1 0,08	42,7 ± 1,4 0,8	42,5 ± 1,3 0,03
90 derece p değeri	43,4 ± 1,4	43,8 ± 1,8 0,5	43,5 ± 1,3 0,4	43,4 ± 1,4 0,9
180 derece p değeri	42,4 ± 1,5	42,3 ± 1,4 0,8	42,2 ± 1,5 0,09	42,0 ± 1,4 0,6
270 derece p değeri	43,1 ± 1,5	43,7 ± 1,7 0,09	43,5 ± 1,3 0,1	43,4 ± 1,7 0,5
5 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	41,2 ± 2,0	41,5 ± 1,6 0,5	41,1 ± 2,5 0,7	41,4 ± 1,3 0,4
90 derece p değeri	42,9 ± 1,5	42,5 ± 1,3 0,1	42,5 ± 2,0 0,3	42,4 ± 1,5 0,03
180 derece p değeri	41,2 ± 1,9	41,0 ± 1,9 0,7	41,2 ± 1,9 0,8	40,5 ± 2,2 0,09
270 derece p değeri	42,3 ± 1,6	42,5 ± 1,4 0,5	43,0 ± 1,2 0,02	42,8 ± 1,5 0,3

Tablo XXVIII. Tanjansiyel güç anterior haritasının grup 3’te preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

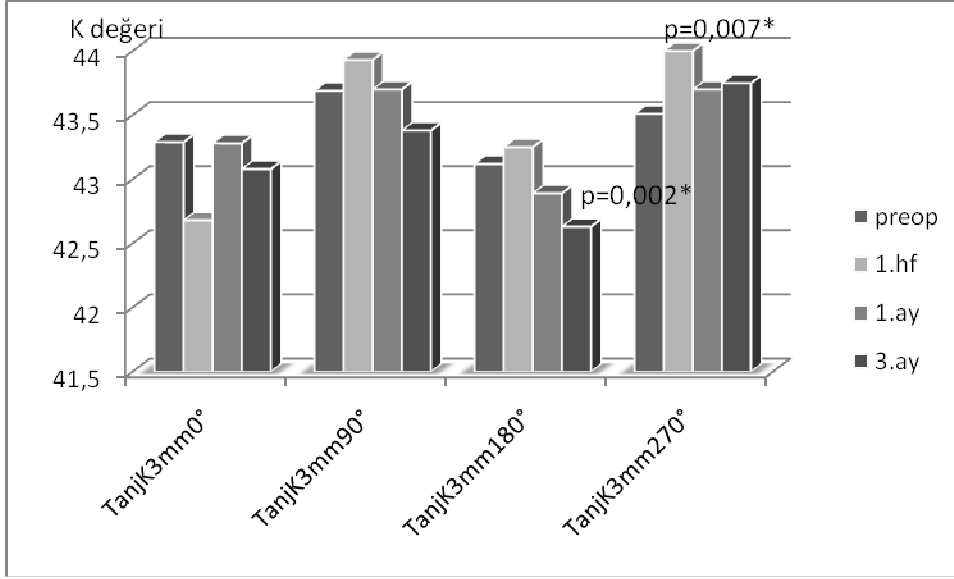
3 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	47,7 ± 1,5	47,1 ± 1,3 0,09	47,6 ± 1,6 0,9	47,3 ± 1,4 0,02
90 derece p değeri	48,3 ± 1,5	48,8 ± 2,0 0,3	48,4 ± 1,4 0,5	48,3 ± 1,6 0,8
180 derece p değeri	47,3 ± 1,7	47,1 ± 1,6 0,9	47,0 ± 1,7 0,07	46,8 ± 1,6 0,06
270 derece p değeri	48,0 ± 1,7	48,7 ± 1,9 0,09	48,4 ± 1,4 0,1	48,3 ± 1,9 0,4
5 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	45,9 ± 2,2	46,2 ± 1,8 0,5	46,1 ± 1,5 0,9	45,8 ± 2,7 0,02
90 derece p değeri	47,7 ± 1,7	47,4 ± 1,4 0,1	47,3 ± 2,3 0,3	47,3 ± 1,7 0,04
180 derece p değeri	45,9 ± 2,1	45,7 ± 2,2 0,8	45,9 ± 2,1 0,9	45,0 ± 2,4 0,07
270 derece p değeri	47,2 ± 1,7	47,4 ± 1,5 0,6	47,9 ± 1,4 0,02	47,7 ± 1,7 0,7

Tablo XXIX. Tanjansiyel güç posterior haritasının grup 3'te preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

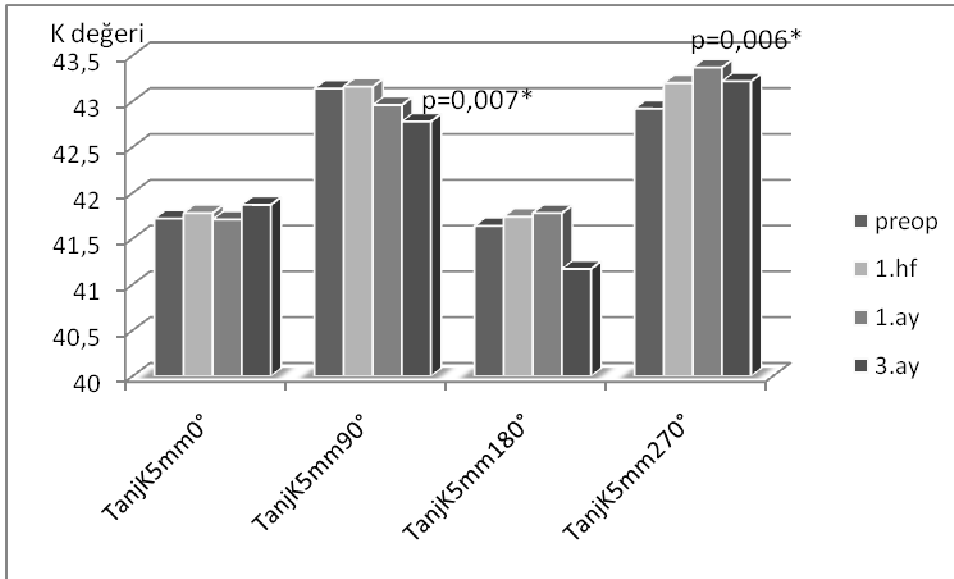
3 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	-6,0 ± 0,3	-6,2 ± 0,6 0,2	-6,1 ± 0,3 0,3	-6,1 ± 0,3 0,3
90 derece p değeri	-6,4 ± 0,2	-6,3 ± 0,3 0,2	-6,4 ± 0,2 0,8	-6,3 ± 0,3 0,3
180 derece p değeri	-5,9 ± 0,5	-5,8 ± 0,3 0,5	-5,9 ± 0,4 0,9	-5,9 ± 0,4 0,9
270 derece p değeri	-6,2 ± 0,3	-6,4 ± 0,4 0,07	-6,4 ± 0,2 0,2	-6,3 ± 0,3 0,4
5 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	-6,0 ± 0,6	-6,2 ± 1,0 0,4	-5,9 ± 0,7 0,3	-6,1 ± 0,3 0,2
90 derece p değeri	-5,5 ± 0,7	-5,5 ± 0,6 0,9	-5,4 ± 0,5 0,8	-5,5 ± 0,7 0,8
180 derece p değeri	-6,0 ± 0,8	-6,0 ± 0,8 0,8	-6,0 ± 0,6 0,8	-5,8 ± 0,7 0,3
270 derece p değeri	-5,8 ± 0,4	-6,0 ± 0,3 0,6	-6,0 ± 0,3 0,5	-6,0 ± 0,3 0,8

Tablo XXX. Tanjansiyel güç total haritasının grup 3'te preoperatif ve postoperatif karşılaştırması

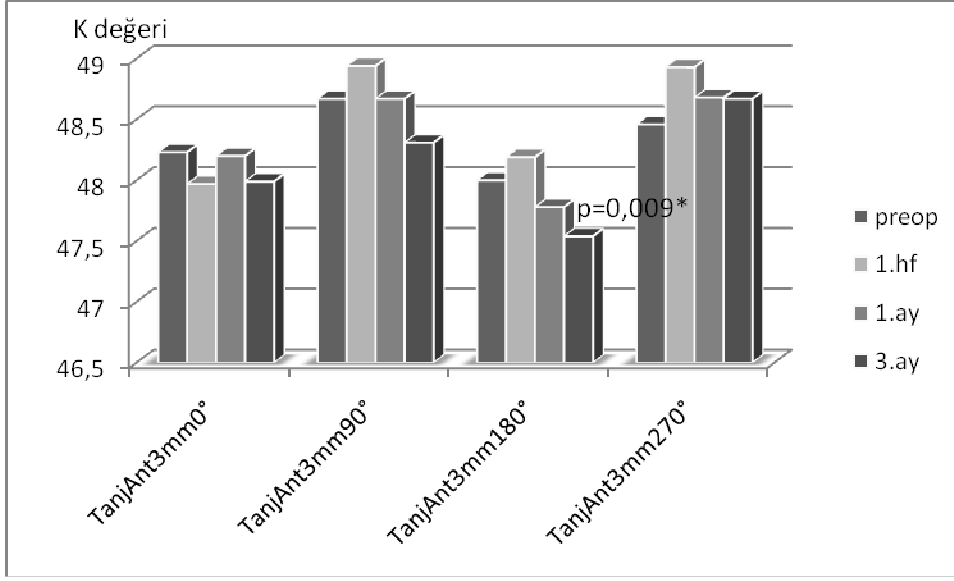
3 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	41,8 ± 1,3	41,0 ± 1,0 0,04	41,5 ± 1,5 0,1	41,3 ± 1,3 0,09
90 derece p değeri	41,9 ± 1,5	42,4 ± 1,8 0,2	42,0 ± 1,3 0,3	41,9 ± 1,5 0,9
180 derece p değeri	41,3 ± 1,7	41,4 ± 1,7 0,7	41,0 ± 1,7 0,1	40,8 ± 1,5 0,07
270 derece p değeri	41,9 ± 1,5	42,3 ± 1,9 0,2	42,1 ± 1,3 0,3	42,0 ± 1,7 0,7
5 mm zon	Preop (ort ± SD)	Postop 1hf (ort ± SD)	Postop 1ay (ort ± SD)	Postop 3 ay (ort ± SD)
0 derece p değeri	39,9 ± 2,2	40,1 ± 2,0 0,8	40,0 ± 2,6 0,8	40,0 ± 1,3 0,7
90 derece p değeri	42,3 ± 1,4	41,9 ± 1,6 0,3	41,9 ± 2,1 0,5	41,8 ± 1,2 0,09
180 derece p değeri	40,0 ± 1,4	39,9 ± 1,8 0,7	39,9 ± 1,9 0,7	39,3 ± 2,1 0,3
270 derece p değeri	41,4 ± 1,7	41,4 ± 1,5 0,9	41,9 ± 1,3 0,2	41,7 ± 1,6 0,8



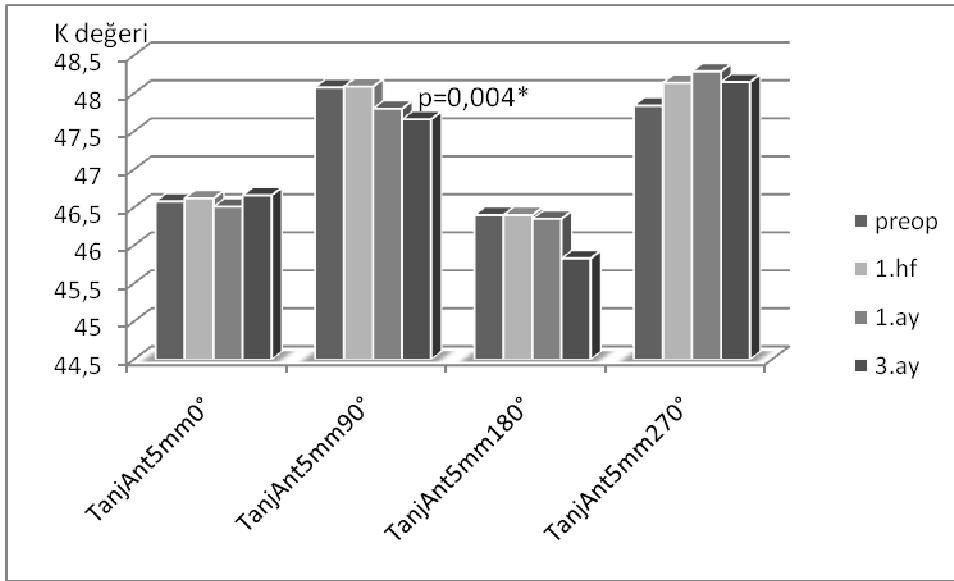
Şekil 4. Grup 1 tanjansiyel güç keratometrik (TanjK) harita 3 mm zondaki değişimler



Şekil 5. Grup 1 tanjansiyel güç keratometrik (TanjK) harita 5 mm zondaki değişimler



Şekil 6. Grup 1 tanjansiyel güç anterior (TanjAnt) harita 3 mm zondaki değişimler



Şekil 7. Grup 1 tanjansiyel güç anterior (TanjAnt) harita 5 mm zondaki değişimler

TARTIŞMA

Kornea topografisi insan korneası gibi asimetrik ve asferik yüzelerde en doğru ve en faydalı bilgileri vermektedir. Kornea topografisi üzerinde ekstraoküler kasların etkisi çok iyi anlaşılabilmiştir. Dört rektus kasının germe kuvvetleri arasında bir denge bulunmakta, bu da bize düzenli bir korneal topografiyi sunmaktadır. Orbscan korneal topografi, diğer konvansiyonel topografilerden farklı olarak, korneanın hem ön hem de arka kurvatürünü

göstermektedir. Orbscan korneal topografiyi seçmemizin nedeni farklı olarak arka haritadaki değişiklikleri, santral kornea kalınlığını ve ön kamara derinliğini gösterebilmektir.

Çalışmamızda otorefraktometre (Nikon speedy-1) kullanarak tüm olguların sikloplejili refraksiyonları alınarak, kişisel faktörler en aza indirilmeye çalışıldı. Yapılan çalışmalarda farklı sistemler kullanan otorefraktometrelerin (görüntü kalite analizi, scheiner çift iğne deliği refraksiyon, retinoskopi) ± 0.25 ile ± 0.50 arasında değişen ölçüm hatası verdiği değerlendirilmiştir (60-62). Bizim kullandığımız otorefraktometre retinoskopi temeline dayanır. Sferik ile silindirik güç için ölçüm hassasiyeti; 0'dan ± 10 D'ye kadar ± 0.25 D veya daha az, -10 D'den daha az ve +10 D'den daha büyük değerlerde ± 0.5 D veya daha azdır (63).

Literatürde farklı araştırmacılar, rutin şaşılık cerrahisi (3, 5, 8-9, 64, 66-70) ve özel tip hastalıklar için ekstraoküler kas cerrahisi sonrası (65, 71, 72) refraktif hatalardaki büyüklük ve aks değişimlerini bildirmişlerdir. Bazı yazarlar cerrahi sonrası bu refraktif değişiklikleri geçici (66, 68, 69) olarak kabul ederken, bazı yayınlarda da kalıcı ve anlamlı değişiklikler (9, 70-72) bildirilmiştir. Bu değişiklikler, sıklıkla sklera yolu ile korneaya iletilmiş ekstraoküler kas germe kuvvetine sekonder korneal değişikliklerle ilişkilidir (9, 64, 65, 72). Konverjans sırasında korneadaki düzleşme, ekstraoküler kas germe kuvvetinin kornea üzerindeki etkisini belgelemek için önemli bir dönüm noktası olarak kabul edilmiştir (71). Bazı astigmatik değişiklikler, astigmatik aksı döndürerek elde edilen oblik kas cerrahisinin torsiyonal etkisi ile ilişkilidir (8). Astigmatik değişiklik için öne sürülen diğer teoriler; sklera yara iyileşmesi (7), orbital ve göz kapağı ödemi (3, 64), silier cisim dolaşımında değişiklik (9), veya kristal lens kurvatüründe değişiklikler (9) olarak sayılabilir.

Refraktif hatadaki değişiklik etiyojisi henüz kesin olarak bilinmemektedir. Bazı yazarlar refraktif hata değişikliklerinin korneal kurvatürdeki değişikliklere bağlı olduğunu öne sürmüşlerdir (64-65). Ekstraoküler kas insersiyolarının lokalizasyonlarını değiştirmek, kornea üzerine uygulanan vektör kuvvetleri değiştirebilir. Bu yeni vektör kuvvetleri, korneal kurvatür değişiklikleri ve astigmatik refraktif hataları ile sonuçlanabilir (9).

Şaşılık cerrahisi sonrası, sütündeki mekanik faktörler veya kas yerleştirilmesi, refraktif hatada değişikliğe yol açabilir. Teorik olarak, eğer kas limbusta çok yakın ise veya rezeke edilmiş ve aşırı gerilim altında bağlanmış ise, korneal veya skleral kurvatür değişmiş olabilir. Alternatif olarak, korneal kalınlaşma ile birlikte ön segment iskemisi veya lensde şişme, refraksiyonda değişikliğe neden olabilir (66).

Çalışmaya alınan hastaların yaşları, kullanılan cerrahi teknik de sonuçları etkileyebilir. Korneal ve skleral rijiditedeki yaşa bağlı değişiklikler, operasyon sonrası korneal kurvatürdeki değişim miktarını etkileyebilir. Kas askılı olarak geriletilirken, etkili kas gücü, geriletilen kasın globa temas ettiği noktadadır. Ancak original kas insersiyon noktasına bağlanan sütürün devam eden gerginliği, korneal kurvatür değişikliklerini azaltabilir. Kası direkt olarak geriletilen pozisyonda skleraya sütüre etmek, korneal kurvatür değişikliklerini arttırabilir (64).

Bizim çalışmamızda sferik eşdeğer farkları, her postoperatif takip için pozitif yönde bir kayma göstermekle birlikte, preoperatif ölçümler ile karşılaştırıldığında, sadece postoperatif birinci haftada istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p=0,00$). Postoperatif birinci haftadan sonra bu fark azalıp, birinci ve üçüncü ayda aynı şekilde devam etti. Meridyenel eşdeğer farkları 90 derece ve 180 derecede, postoperatif birinci hafta, birinci ay ve üçüncü ayda preoperatif değerlerle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark görülmedi. Bu nedenle postoperatif birinci haftada refraksiyon ayarlaması yapılmaması gerektiğini düşünmekteyiz.

Üç grup için preoperatif ölçümlere göre refraksiyon değişimine bakıldığında sadece grup 1'de istatistiksel olarak anlamlı değişim görülürken, grup 2 ve grup 3'de istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı. Grup 1'de de sferik eşdeğer farkı postoperatif birinci haftada istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Ayrıca meridyenel eşdeğer farkı 90°'de postoperatif birinci ayda ve üçüncü ayda preoperatif değerlere göre istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, bu fark 180°'de anlamlı bulunmadı. Bu bulgular, rektus kas cerrahisinde postoperatif üçüncü ayda refraksiyon değişiminin kontrol edilmesinde fayda olduğunu düşündürmektedir.

Ameliyat sonrası meydana gelecek astigmatik değişikliğin ne kadar olacağı ve ne kadar süreceği klinisyenlerin üzerinde durdukları bir konudur. Klinik olarak bulgu verecek değişikliğin en az 0.50 dioptri (D) olması gerektiği bildirilmiştir (9). Mutlu ve ark. (73) tarafından yapılan çalışmada olguların %45'inde 0.5-1.0 D, %6'sında 1 D ve üzerinde değişiklik bildirilmiştir. Preslan ve ark.'nın (9) çalışmasında hastaların sadece %11'i 1.0 D'den fazla değişiklik göstermiştir. Thompson ve Reinecke (3) cerrahi sonrası korneal astigmatizmada 2.0 D'e kadar değişiklik saptamıştır. Çalışmamız ameliyat sonrası üçüncü ayda saptanan değişiklikleri kapsamına rağmen, Fix ve Baker (6), şaşılık cerrahisinden bir yıl sonra bir dioptri üzerinde astigmatik refraktif değişiklik tanımlamıştır. Nardi ve ark. (69) iç ve dış rektus kaslarına geriletilme sonrasında birinci, onbeşinci ve otuzuncu günlerde yapılan topografi sonuçlarında, ilk ölçümlerde görülen anlamlı değişikliğin birinci ay sonunda çok

azaldığını veya kaybolduğunu gözlemişlerdir. Bizim çalışmamızda da tüm hastalarda sferik eşdeğer farkı, birinci ayda azaldı ve üçüncü aya kadar değişmeden devam etti. Ziylan ve ark. (74) geriletme ve geriletme rezeksiyon yapılan gözlerde ameliyat sonrası astigmatik değişimin ikinci ayda azaldığını ve altıncı ayda hemen tamamen kaybolduğunu göstermişlerdir. Kahvecioğlu ve ark. (75) yaptıkları çalışmada postoperatif birinci haftadaki sferik ve silindirik değerlerdeki değişimin birinci ayın sonunda azaldığını, altıncı ayın sonunda ise sferik değişimin anlamsız olduğunu, silindirik değerdeki değişimin ise kalıcı olduğunu bildirmişlerdir. Preslan ve ark.'nın (9) çalışmasında horizontal kas cerrahisi sonrası astigmatik değişimin dördüncü ayda da devam ettiği bildirilmiştir. Schworm ve ark. (68) korneal topografik değişimlerin küçük olduğunu ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığını ve yaklaşık üç ay sonra kaybolduğunu belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda da tüm hastalarda yapılan tanjansiyel güç keratometrik haritasındaki ufak anlamlı değişimler dışında diğer harita tiplerinde anlamlı değişiklik bulunmadı. Grup 1'de tanjansiyel güç keratometrik ve anterior haritalarında bazı kadranlarda anlamlı değişiklikler saptandı.

Tüm hastalara uygulanan tanjansiyel güç posterior haritasındaki preoperatif değerler ile postoperatif birinci hafta, birinci ay, üçüncü aydaki değerler karşılaştırıldığında anlamlı bir değişim saptanmadı. Şaşılık cerrahisinin tanjansiyel güç posterior haritasında herhangi bir değişiklik yaratmadığı görüldü. Orbscan ile posterior harita dışında pakimetrik haritadaki santral kornea kalınlığı da değerlendirildi. Tüm hastalarda ve tüm gruplarda santral kornea kalınlığının preoperatif ve postoperatif değerleri arasında anlamlı değişim saptanmadı. Ayrıca orbscan bize ön kamara derinliği hakkında da bilgi vererek, preoperatif ve postoperatif karşılaştırma yapma imkanı sağladı. Tüm hastalarda ve tüm gruplarda ön kamara derinliğinin preoperatif ve postoperatif karşılaştırılması yapıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı. Emre ve ark. (76) Pentacam (Oculus) ile horizontal kas cerrahisinin ön kamara parametrelerine etkisini değerlendirmiştir. Tüm grupta anlamlı sonuç bulunmazken, geriletme ve geriletme-rezeksiyon grupları arasında sadece ön kamara volümü geriletme-rezeksiyon grubunda azalmış olarak bulunmuştur. Ön kamara volümü ve ön kamara derinliği arasında sıkı ilişki olmasına rağmen ön kamara derinliğinde anlamlı bir fark bulunmamıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Şaşılık ameliyatlarından sonra belirgin korneal topografi ve refraksiyon değişiklikleri gelişebilir. Şaşılık cerrahisi sonrası ilk üç ay içinde geçici refraksiyon değişiklikleri olabildiği,

ve bunların bir kısmının üçüncü ayda hala sebat ettiği görülmektedir. Topografik değişimlerde rektus kas cerrahisinin etkisi daha belirgin olup, oblik adale cerrahisi kornea topografisini etkilememektedir. Topografik incelemede bir kısmı değişken olmakla beraber, anterior topografik haritanın farklı parametrelerinde üçüncü ayda hala süregelen değişimlerin olduğu gözlenmektedir. Şaşılık cerrahisi korneanın anterior yüzeyinde topografik değişikliklere neden olurken, korneanın posterior yüzeyinde herhangi bir değişikliğe neden olmamaktadır. Görme keskinliğini azaltacak refraksiyon kusurlarının ameliyat sonrası dönemde yeniden düzeltilmesinin gerekebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Daha geniş hasta grubu ve daha uzun süreli takip ile, kornea topografisi ve refraksiyon üzerindeki olası değişikliklerde, daha kesin sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir.

ÖZET

Şaşılık Cerrahisinin Orbscan Korneal Topografi Üzerindeki Etkileri ve Şaşılık Cerrahisi Sonrası Refraksiyon Değişiklikleri

Amaç: Şaşılık cerrahisi sonrası refraksiyon değişikliklerini ve şaşılık cerrahisinin orbscan korneal topografi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amaçlandı.

Yöntem: Bu prospektif çalışmada şaşılık cerrahisi uygulanan 26 hastanın 36 gözü incelendi. Çalışmaya katılan hastaların preoperatif ve postoperatif birinci hafta, birinci ay, ve üçüncü ayda. sikloplejinli refraksiyon değerleri ve Orbscan II (Orbtek, Inc) ile korneal topografi ölçümleri alındı. Orbscan ile ön kamara derinliği, keratometrik değerler, santral kornea kalınlığı, preoperatif ve postoperatif olarak kaydedildi. Rektus kas cerrahisi yapılanlar grup 1, oblik kas cerrahisi yapılanlar grup 2, ameliyatta restriksiyonu olanlar grup 3 olarak adlandırıldı.

Bulgular: Tüm hastalar için sferik eşdeğer farkı, sadece postoperatif birinci haftada istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p=0,00$). Grup 1'de sferik eşdeğer farkı postoperatif birinci haftada ve meridyenel eşdeğer farkı 90° 'de birinci ve üçüncü ayda istatistiksel olarak anlamlı iken ($p=0,00$, $p=0,001$, $p=0,00$), grup 2 ve grup 3'de istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. Tüm hastaların tanjansiyel güç keratometrik haritasının 3 mm'lik zonlarında, postoperatif üçüncü ayda 180 derecede ve postoperatif birinci haftada 270 derecede elde edilen değerleri, preoperatif değerleri ile karşılaştırıldığında aralarındaki fark anlamlı idi ($p=0,003$, $p=0,006$). Grup 1'in tanjansiyel güç keratometrik haritasının 3 mm'lik zonlarında

180 derecede üçüncü ayda ($p=0,002$) ve 270 derecede birinci haftada ($p=0,007$) ve 5 mm'lik zonlarında 90 derecede üçüncü ayda ($p=0,007$) ve 270 derecede birinci aydaki ($p=0,006$) değerleri ile preoperatif değerleri arasındaki fark istatistik olarak anlamlı idi. Grup 1'in tanjansiyel güç anterior haritalarının 3 mm'lik zonlarında 180 derecede üçüncü ayda, 5 mm'lik zonlarında 90 derecede üçüncü aydaki değerleri preoperatif değerlere göre anlamlı oranda farklı idi ($p=0,009$, $p=0,004$). Tanjansiyel güç posterior haritalarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı.

Sonuç: Şaşılık ameliyatları içinde rektus kas cerrahisinden sonra ilk üç ay içinde, bazı geçici korneal topografi ve refraksiyon değişiklikleri gelişebilir. Klinisyen, şaşılık cerrahisinden üç ay sonraki refraksiyon kusurlarının yeniden değerlendirilmesinin gerekebileceğini göz önünde bulundurmalıdır.

Anahtar kelimeler: şaşılık, orbscan, refraksiyon, tanjansiyel harita

İletişim adresi: gokyel1976@yahoo.com

SUMMARY

Effect of Strabismus Surgery on Orbscan Corneal Topography and Refractive Changes after Strabismus Surgery

Purpose: To evaluate the effect of strabismus surgery on orbscan corneal topography and refractive changes after strabismus surgery.

Methods: In this prospective study 36 eyes of 26 patients undergoing strabismus surgery were evaluated. Cycloplegic refraction and corneal topography measures using Orbscan II (Orbtek, Inc) were recorded preoperatively and postoperatively first week, first month and third month. Preoperative and postoperative anterior chamber depth, keratometric values and central corneal depth were assessed. Patients were divided into three groups: group 1 (rectus muscle surgery), group 2 (oblique muscle surgery), group 3 (patients with restriction).

Results: Spherical equivalent difference was statistically significant at postoperative first week ($p=0,00$). Though spherical equivalent difference at postoperative first week and meridional equivalent difference at 90° at first and third months were statistically significant in group 1 ($p=0,00$, $p=0,001$, $p=0,00$), there was no significant change in group 2 and 3. The

values of all the patients obtained from their tangential power keratometric maps at 180° at postoperative third month and at 270° at postoperative first month in 3 mm zone were significantly significant when compared to their preoperative values ($p=0,003$, $p=0,006$). The values at 180° at postoperative third month ($p=0,002$) and at 270° at postoperative first week in 3 mm zone ($p=0,007$), at 90° at postoperative third month ($p=0,007$) and at 270° at postoperative first month in 5 mm zone ($p=0,006$) in the tangential power keratometric map of group 1 were statistically significant when compared to preoperative values. The difference between preoperative values and the values at 180° at postoperative third month in 3 mm zone and at 90° at postoperative third month in 5 mm zone were significant ($p=0,009$, $p=0,004$). No statistical change was observed in tangential power posterior maps.

Conclusion: The strabismus surgery, particularly rectus muscle surgery may result in corneal topographic and refractive changes some of which are transient in the first 3 months. The clinician must consider that a reevaluation of the refractive changes may be necessary three months after strabismus surgery.

Key words: strabismus, orbscan, refraction, tangential map

Communication adress: gokyel1976@yahoo.com

KAYNAKLAR

1. Cuttone JM, Durso F, Miller M, Evans LS. The relationship between soft tissue anomalies around the orbit and globe and astigmatic refractive errors: a preliminary report. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 1980 ; 17: 29-36.
2. Smiddy WE, Loupe DN, Michels RG, Enger C, Glaser BM, DeBustros S. Refractive changes after scleral buckling surgery. *Arch Ophthalmol* 1989; 107: 1469-1471.
3. Thompson WE, Reinecke WE: The changes in refractive status following routine strabismus surgery. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 1980; 17: 372-374.
4. Marshall D. Changes in refraction following operation for strabismus. *Arch Ophthalmol* 1936; 15: 1020-1031.
5. Snir M, Nissenkorn I, Buckman G, Cohen S, Ben-Sira I. Postoperative refractive changes in children with congenital esotropia: a preliminary study. *Ophthalmic Surg* 1989; 20(1): 57-62.
6. Fix A, Baker J. Refractive changes following strabismus surgery. *Am Orthop J* 1985; 35: 59-62.
7. Dottan SA, Hoffman P, Oliver MD. Astigmatism after strabismus surgery. *Ophthalmic Surg* 1988; 19: 128-129.
8. Kushner BJ. The effect of oblique muscle surgery on the axis of astigmatism. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 1986; 236: 277-280.
9. Preslan MW, Cioffi G, Min YI. Refractive error changes following strabismus surgery. *J Pediatr. Ophthalmol Strabismus* 1992; 29: 300–304.
10. Corbett MC, Rosen ES, O'Brart DPS. *Corneal Topography Principles and Applications*. 1st ed. London: BMJ Books, 1999: 4-19.
11. Scheiner C. *Occulus hoc est: fundamentum opticum*. Innsbruck, 1619.
12. Placido A. Novo instrumento de exploracao da cornea. *Periodico d'Ofthalmologica Practica*, Lisbon. 1880 ;5: 27-30.
13. Klyce SD. Computer-assisted corneal topography. High-resolution graphic presentation and analysis of keratometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984; 25(12): 1426-35.
14. Randall VT, Edelhauser HF, Leibowitz HM, Freddo TF. Corneal Structure and Function. Leibowitz HM, Warning GO (eds). *Corneal Disorders Clinical Diagnosis and Management*. 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1998; 2-31.

15. Nishida T. Cornea. Krachmer JH, Mannis MJ, Holland EJ (eds). Cornea. Philadelphia: Elsevier Mosby, 2005; 3-27.
16. Liesegang TJ, Skuta GL, Cantor LB. Fundamentals and Principles of Ophthalmology Section 2. 1st ed. San Francisco: American Academy of Ophthalmology, 2003: 44-45.
17. Mishima S. Corneal thickness. *Surv Ophthalmol* 1968; 13 :57-96.
18. Dingeldein SA, Klyce SD. The topography of normal corneas. *Arch Ophthalmol* 1989; 107: 512-18.
19. Fleming JF. Should refractive surgeons worry about corneal asphericity? *Refract Corneal Surg* 1990; 6: 455-7.
20. Carney LG, Mainstone JC, Henderson BA. Corneal topography and myopia: a cross-sectional study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997; 38: 311-20.
21. Eghbali F, Yeung FF, Maloney RK. Topographic determination of corneal asphericity and its lack of effect on the outcome of radial keratotomy. *Am J Ophthalmol* 1995; 119: 275-80.
22. Holladay JT. Corneal topography using the Holladay diagnostic summary. *J Cat Refract Surg* 1997; 23: 209-21.
23. Waring GO. Making sense of keratospeak II: proposed conventional terminology for corneal topography. *Refract Corneal Surg* 1989; 5: 362-7.
24. Marin-Amat M. The physiological variations of the corneal curvature during life: their significance in ocular refraction. *Bull Soc Belge Ophthalmol* 1957; 136: 263.
25. Kiely PM, Carney LG, Smith G. Diurnal variations of corneal topography and thickness. *Am J Optom Physiol Optics* 1982; 59: 976-82.
26. El Hage SD, Beaulne C. Changes in central and peripheral corneal thickness with menstrual cycle. *Am J Optom Physiol Optics* 1973;50:863-71.
27. Kiely PM, Carney LG, Smith G. Menstrual cycle variations of corneal topography and thickness. *Am J Optom Physiol Optics* 1983; 60: 822-9.
28. Dabezies OH, Holladay JT. Measurement of corneal curvature: keratometer (ophthalmometer). In: Dabezies OH, Cavanagh HD, Faris RL et al. (eds) Contact lenses: The CLAO guide to basic science and clinical practice. Grune and Stratton, Orlando, 1986.
29. Use of keratometer. In: Benett AG (ed) Optics of contact lenses. ADO, London, 1974.

30. Sunderraj P. Clinical comparison of automated and manual keratometry in pre-operative ocular biometry. *Eye* 1992; 6: 60-2.
31. Cuaycong MJ, Gay CA, Emery J, Haft EA, Koch DD. Comparison of the accuracy of computerized videokeratoscopy and keratometry for use in intraocular lens calculations. *J Cat Refract Surg* 1993; 19: 178-81.
32. Husain SE, Kohnen T, Maturi R, Er H, Koch DD. Computerized videokeratography and keratometry in determining intraocular lens calculations. *J Cat Refract Surg* 1996; 22: 362-6.
33. Misson GP. Keratometry and postoperative astigmatism. *Eye* 1992; 6: 63-5.
34. Hannush SB, Crawford SL, Waring GO, Gemmill MC, Lynn MJ, Nizam A. Accuracy and precision of keratometry, photokeratoscopy, and corneal modelling on calibrated steel balls. *Arch Ophthalmol* 1989; 107: 1235-9.
35. Hannush SB, Crawford SL, Waring GO, Gemmill MC, Lynn MJ, Nizam A. Reproducibility of normal corneal power measurements with a keratometer, photokeratoscope, and video imaging system. *Arch Ophthalmol* 1990; 108: 539-44.
36. Wilson SE, Verity SM, Conger DL. Accuracy and precision of the corneal analysis system and the topographical analysis system. *Cornea* 1992; 11: 28-35.
37. Koch DD, Foulks GN, Moran CT, Wakil JS. The corneal EyeSys system: accuracy analysis and reproducibility of the first generation prototype. *Refract Corneal Surg* 1989; 5: 424-9.
38. Legeais J-M, Ren Q, Simon G, Parel J-M. Computer-assisted corneal topography: accuracy and reproducibility of the Topographic Modelling System. *Refract Corneal Surg* 1993; 9: 347-57.
39. Young JA, Talamo JH, Siegel IM. Contour resolution the EyeSys corneal analysis system. *J Cat Refract Surg* 1995; 21: 404-6.
40. Swartz T, Liu Z, Yang X, Zhang M, Wang M. Topographic Technologies. Wang M (ed), *Corneal Topography in the Wavefront Era. A Guide For Clinical Application*, 1st ed. Thorofare: Slack incorporated, 2006; 34-38.
41. Cohen I, Swartz T, Lin RA, Wang M. Axial, Elevation, and Pachymetric Mapping. Wang M (ed). *Corneal Topography in the Wavefront Era. A Guide For Clinical Application*, 1st ed. Thorofare: Slack incorporated, 2006; 41-54.

42. Marsich MW, Bullimore MA. The repeatability of corneal thickness measures. *Cornea* 2000; 19(6): 792-795.
43. Corbett MC, Rosen ES, O'Brart DPS. *Corneal Topography Principles and Applications*. 1st ed. London: BMJ Books, 1999: 12-19.
44. Bogan SJ, Waring GO III, Ibrahim O, Drews C, Curtis L. Classification of normal corneal topography based on computer- assisted videokeratography. *Arch Ophthalmol* 1990; 108: 945-949.
45. Kanpolat A, Simsek T, Alp NM. The evaluation of normal corneal topography in emmetropic eyes with computer assisted videokeratography. *CLAO J* 1997; 23: 168-171.
46. Liu Z, Yang X, Zhang M. Topography of the normal cornea. Wang M (ed). *Corneal Topography in the Wavefront Era. A Guide For Clinical Application*, 1st ed. Thorofare: Slack incorporated, 2006; 71.
47. Liesegang TJ, Skuta GL, Cantor LB. Optics, Refraction, and Contact Lenses Section 3. 1st ed. San Francisco: American Academy of Ophthalmology, 2003:118-119.
48. Cairns G, McGhee CN. Orbscan computerized topography: attributes, applications, and limitations. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31(1): 205–220.
49. Karpecki PM. Bausch & Lomb Orbscan II/IIz Anterior Segment Analysis System. Wang M (ed). *Corneal Topography in the Wavefront Era. A Guide For Clinical Application*, 1st ed. Thorofare: Slack incorporated, 2006;191-203.
50. Liu Z, Huang AJ, Pflugfelder SC. Evaluation of corneal thickness and topography in normal eyes using the Orbscan corneal topography system. *Br J Ophthalmol* 1999; 83: 774–778.
51. Liu Z, Pflugfelder SC. The effects of long-term contact lens wear on corneal thickness, curvature, and surface regularity. *Ophthalmology* 2000; 107: 105–111.
52. Naroo SA, Charman WN. Changes in posterior corneal curvature after photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26: 872–878.
53. Yaylali V, Kaufman SC, Thompson HW. Corneal thickness measurements with the Orbscan Topography System and ultrasonic pachymetry. *J Cataract Refract Surg* 1997; 23: 1345–1350.
54. Marsich MW, Bullimore MA. The repeatability of corneal thickness measures. *Cornea* 2000; 19(6): 792-5.

55. Cheng AC, Tang E, Mohamed S, Lam DS. Correction factor in Orbscan II in the assesment of corneal pachymetry. *Cornea* 2006; 25: 1158-1161.
56. Tanabe T, Oshika T, Tomidokoro A, Amano S, Tanaka S, Kuroda T, Maeda N, Tokunaga T, Miyata K. Standardized color-coded scales for anterior and posterior elevation maps of scanning slit corneal topography. *Ophthalmology* 2002; 109(7): 1298-302.
57. Davis LJ, Schechtman KB, Begley CG, Shin JA, Zadnik K. Repeatability of refraction and corrected visual acuity in keratoconus. The CLEK Study Group. Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus. *Optom Vis Sci* 1998; 75(12): 887-96.
58. Zadnik K, Steger-May K, Fink BA, et al for the CLEK Study Group. Between-eye asymmetry in keratoconus. *Cornea* 2002; 21(7): 671-9.
59. Özkan SB. Şaşılık ve tedavisi. Aydın P, Akova YA (ed). *Temel Göz Hastalıkları*, Ankara, Güneş Kitabevi, 2001: 453-456.
60. Perrigin DM, Grosvenor T, Reis A, Perrigin J. Comparison of Dioptron Nova refractive data with conventional refractive data. *Am. J. Optom. Physiol Opt* 1984 61 (7): 479-83.
61. Mailer CM. Automatic refraction and the private ophthalmologist: Dioptron II compared with subjective examination. *Can. J. Ophthalmol.* 1978; 13 (4): 252-7.
62. Dave T. Automated refraction: design and applications. *Optom Today* 2004; 48: 28-32.
63. Nikon speedy-1 autorefractometer user manual. Japan, 1996.
64. Hainsworth DP, Bierly JR, Schmeisser ET, Baker RS. Corneal topographic changes after extraocular muscle surgery. *J AAPOS* 1999; 3(2): 80-6.
65. Kwitko S, Sawusch MR, McDonnell PJ, Gritz DC, Moreira H, Evensen D. Effect of extraocular muscle surgery on corneal topography. *Arch-Ophthalmol* 1991; 109: 873-8.
66. Hutcheson KA. Large, visually significant, and transient change in refractive error after uncomplicated strabismus surgery. *J AAPOS* 2003; 7(4): 295-7.
67. Denis D, Bardot J, Volot F, Saracco JB, Maumenee IH. Effects of strabismus surgery on refraction in children. *Ophthalmologica* 1995; 209(3): 136-40
68. Schworm HD, Ullrich S, Höing C, Dittus C, Boergen KP. Effect of strabismus operation of corneal topography. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1996; 209(5): 275-82.
69. Nardi M, Rizzo S, Pellegrini G, Lepri A. Effects of strabismus surgery on corneal topography. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 1997; 34(4): 244-6.

70. Betts C, Olitsky S Corneal astigmatic effects of conventional recession vs suspension recession ("hang-back") strabismus surgery: a pilot study. *Binocul Vis Strabismus Q* 2006; 21(4): 211-3.
71. Bagheri A, Farahi A, Guyton DL. Astigmatism induced by simultaneous recession of both horizontal rectus muscles. *J AAPOS* 2003; 7(1): 42-6.
72. Killer HE, Bähler A. Significant immediate and long-term reduction of astigmatism after lateral rectus recession in divergent Duane's syndrome. *Ophthalmologica* 1999; 213(3): 209-10.
73. Mutlu FM, Tosuncuk A, Yıldırım C, Altınsoy Hİ. Şaşılık cerrahisi sonrası refraksiyon ve kornea topografisi değişiklikleri. *MN Oftalmoloji* 1999; 6: 266-9.
74. Ziylan Ş, Egemenoğlu A, Yabaş Ö, Karslıoğlu Ş. Şaşılık ameliyatlarından sonra kornea topografisinde oluşan değişikliklerin incelenmesi. *MN Oftalmoloji* 2004;11: 321-3.
75. Kahvecioğlu C, Acar B, Ateşçi E, et al. Strabismus operasyonunun refraksiyon üzerine etkisi. In: Andaç K, Menteş J, Yağcı A, Haznedaroğlu G, Ergin M, Gürcan Z, Akın C, Pamukçu K, editörler. *TOD XXVII. Ulus Kongre Bülteni Cilt 3*. İzmir: Yenyol Matbaası, 1994; 1631.
76. Emre S, Cankaya C, Demirel S, Doganay S. Comparison of preoperative and postoperative anterior segment measurements with Pentacam in horizontal muscle surgery. *Eur J Ophthalmol* 2008; 18(1): 7-12