T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
DIŞKAPI YILDIRIM BEYAZIT SAĞLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

KERATOKONUS ŞÜPHESİNDE KORNEA TOMOGRAFİ PARAMETRELERİNİN KORNEA EPİTEL HARİTALAMASI İLE İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Dr. Aslıhan BİÇER SAKİN

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ANKARA/2024

T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
DIŞKAPI YILDIRIM BEYAZIT SAĞLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

KERATOKONUS ŞÜPHESİNDE KORNEA TOMOGRAFİ PARAMETRELERİNİN KORNEA EPİTEL HARİTALAMASI İLE İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Dr. Aslıhan BİÇER SAKİN

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Aysun ŞANAL DOĞAN

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ANKARA/2024

TEŞEKKÜR

Başta sonsuz desteklerini her daim hissettiğim, eğitim hayatımın temellerini atan sevgili ailem olmak üzere tüm eğitim sürecimde üzerimde emeği olan hocalarıma,

Tez danışmanım Doç. Dr. Aysun Şanal Doğan'a,

Asistanlık dönemim boyunca birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum ve değerli bilgilerini paylaşmaktan hiçbir zaman çekinmeyen meslektaşlarıma teşekkür ederim.

Gerek tez sürecimde gerek hayatımda daimî desteklerinden ötürü sevgili eşim Ali Burak Sakin ve sevgili kardeşim Aysu Biçer'e de ayrıca sonsuz teşekkürlerimi sunarım…

Dr. Aslıhan Biçer Sakin

Ankara, 2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
KISALTMALAR iv
TABLO LİSTESİ v
ŞEKİL LİSTESİ vi
ÖZET vii
ABSTRACT ix
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. GENEL BİLGİLER 3
2.1. KORNEA ANATOMİSİ 3
2.1.1. Epitel 4
2.1.2. Bowman Tabakası 5
2.1.3. Stroma 5
2.1.4. Descemet Membranı 6
2.1.5. Endotel 6
2.2. KERATOKONUS 7
2.2.1. Etiyopatogenezi 8
2.2.2. Histopatolojisi 8
2.2.3. Klinik Bulguları 9
2.2.4. Sınıflandırılması 10
2.2.4.1. Koni Morfolojisine Göre 10
2.2.4.2. Kornea Kurvatürüne Göre 11
2.2.4.3. Amsler-Krumeich Sınıflaması 11
2.2.4.4. Belin ABCD Sınıflaması 12
2.2.5. Tedavisi 13
2.3. KORNEA GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ 13
2.3.1. Kornea Topografisi 15
2.3.1.1. Placido Halka tabanlı Topografi 16
2.3.2. Kornea Tomografisi 16
2.3.2.1. Tarayıcı Slit Tomografi 17
2.3.2.2. Scheimpflug Tomografi 17

2.3.2.3. Optik Koherans Tomografi 18
2.3.3. Kornea Haritaları 20
2.3.3.1. Korneal Güç Haritaları 20
2.3.3.2. Kornea Elevasyon Haritaları 22
2.3.3.3. Kornea Kalınlık Haritaları 22
2.3.4. Keratokonus Tanısında Topografi ve Tomografi 22
2.3.4.1. Pentacam Tomografi Cihazı 25
2.3.4.2. Orbscan II Tomografi Cihazı 26
2.3.4.3. Sirius Tomografi Cihazı 26
2.3.5. Keratokonus Tanısında Kornea Epiteli Haritalaması 29
3. GEREÇ VE YÖNTEM 33
3.1. ÇALIŞMANIN POPÜLASYONU 33
3.1.1. Çalışma Kapsamına Dahil Edilen Olgular 33
3.1.2. Çalışma Kapsamı Dışında Bırakılan Olgular 34
3.2. VERİ TOPLAMA 34
3.2.1. Scheimpflug Tabanlı Kornea Tomografi Cihazı ile Veri Toplama 34
3.2.1.1. Scheimpflug tabanlı kornea tomografi cihazı ile değerlendirilen veriler 35
3.2.2. Ön Segment Optik Koherans Tomografi Cihazı ile Veri Toplama 35
3.2.2.1. Ön segment optik koherans tomografi cihazı ile değerlendirilen veriler 37
3.4. İSTATİSTİKSEL ANALİZ 37
4. BULGULAR 39
4.1. SİRİUS CİHAZI İLE DEĞERLENDİRİLEN VERİLER 40
4.2. RTVUE CİHAZI İLE DEĞERLENDİRİLEN VERİLER 47
5. TARTIŞMA 59
6. SONUÇLAR 76
7. KAYNAKLAR 78
8. ÖZGEÇMİŞ 88

KISALTMALAR

AUC : Area Under Curve (Eğrinin Altında kalan Alan)

BAD : Belin/Amrobrosio Enhanced Ectasia Display (Belin/Ambrosio geliştirilmiş ektazi ekranı

BCV : Baiocchi-Calossi-Versaci

BFS : Best-fit Spheric (En uygun küre)

BFTA : Best-fit Toric Aspheric (En uygun Torik Asferik)

CCT : Central Corneal Thickness (Santral kornea kalınlığı)

FD : Fourier-Domain ("Fourier" Etki Alanı)

FFK : Forme Fruste Keratokonus

Kmax : Maksimum keratometri değeri

KV : Keratokonus Verteks

LASIK : Laser-Asisted in Situ Keratomileusis (Lazer eşlikli korneanınn yerinde şekillendirilmesi)

MSD : Mean Standart Deviation (Ortalama Standart Deviasyon)

OKT : Optik Koherans Tomografi

PSD : Patern Standart Deviasyon

RMS : Root Mean Square (Ortalama Karekök)

SI : Symmetry Index (Simetri İndeksi)

SimK : Simüle keratometri değerleri

TD : Time-Domain (Zaman Etki Alanı)

VHF US : Very High Frequency Ultrasound (Çok Yüksek Frekanslı Ultrason)

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Koni morfolojisine göre keratokonus sınıflaması 10
Tablo 2. Korneal kurvatüre göre keratokonus sınıflaması 11
Tablo 3. Amsler-Krumeich sınıflaması 11
Tablo 4. Belin ABCD sınıflaması 12
Tablo 5. Günümüzde yaygın olarak kullanılan bazı korneal topografi cihazları 15
Tablo 6. Günümüzde yaygın olarak kullanılan bazı korneal tomografi görüntüleme cihazları 17
Tablo 7. Piyasada bulunan Ön Segment-OKT cihazlarının özellikleri 19
Tablo 8. Cinsiyet dağılımı 39
Tablo 9. Yaş dağılımı 40
Tablo 10. En ince kornea kalınlığının gruplar arası karşılaştırması 40
Tablo 11. Apeksteki kornea kalınlığının gruplar arası karşılaştırılması 41
Tablo 12. Santral kornea kalınlığı değişkeninin gruplar arası karşılaştırılması 41
Tablo 13. Maksimum kurvatür gücünün gruplar arası karşılaştırılması 41
Tablo 14. Simüle Keratometri değerlerinin gruplar arasında karşılaştırılması 42
Tablo 15. Anterior Keratometri ölçümlerine ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması 43
Tablo 16. Posterior keratometri ölçümlerine ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması 44
Tablo 17. Şekil indekslerine ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması 45
Tablo 18. Keratokonus tarama ölçümlerine ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması 46
Tablo 19. Elevasyon haritalarına ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması 47
Tablo 20. Kornea gücü ölçümlerine ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması 47
Tablo 21. Pakimetri ölçümlerine ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması 48
Tablo 22. Epitel ölçümlerine ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması 49
Tablo 23. 17 bölgede pakimetri haritası verileri 50
Tablo 24. 17 bölgede Epitel haritası verileri 53
Tablo 25. Asimetri indeksleri ile epitel kalınlık dağılımlarının korelasyonu 58

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Kornea anatomisi 4
Şekil 2. Korneal Topografik Patern Sınıflandırması 21
Şekil 3. Simetri İndeksi Analizi prensibi..... 27
Şekil 4. Haritaların isimlendirilmesi 36
Şekil 5. KK grubu pakimetri ortalama haritası 52
Şekil 6. FFK grubu pakimetri ortalama haritası..... 52
Şekil 7. KŞ grubu pakimetri ortalama haritası 52
Şekil 8. Normal grubu pakimetri ortalama haritası..... 52
Şekil 9. KK grubu epitel ortalama haritası..... 55
Şekil 10. FFK grubu epitel ortalama haritası 55
Şekil 11. KŞ grubu epitel ortalama haritası..... 55
Şekil 12. Normal grubu epitel ortalama haritası 55
Şekil 13. CCT (Sirius cihazı ile elde edilen santral kornea kalınlığı) ve Santral (RTVue cihazı ile elde edilen pakimetri haritasında santral kornea kalınlığı) ölçümlerinin uyumuna ilişkin Bland Altman grafiği..... 56
Şekil 14. CCT (Sirius cihazı) ve Santral (RTVue cihazı) ölçümleri arasındaki ilişkiye ait saçılım grafiği..... 56
Şekil 15. Thkthinnest (Sirius cihazı ile elde edilen en ince kornea kalınlığı) ve PakiMin (RTVue cihazı ile elde edilen en ince pakimetri değeri) ölçümlerinin uyumuna ilişkin Bland Altman grafiği 57
Şekil 16. Thkthinnest (Sirius cihazı) ile Pakimin (RTVue) ölçümleri arasındaki ilişkiye ait saçılım grafiği..... 57
Şekil 17. Vaka örnekleri 72

ÖZET

Amaç: Erken evre keratokonus ve keratokonus şüphesi olan hastaların Placido halka ve Scheimpflug tabanlı hibrit bir görüntüleme sistemi olan Sirius cihazı (CSO, Florensa, İtalya) ile elde edilen parametreleri ve RTVue cihazı (OptoVue, Fremont, ABD) ile elde edilen pakimetri ve epitel haritalamaları verilerinin keratokonus tanılı ve kontrol grubu hastalar ile karşılaştırılması ve elde edilen verilerin birbirleriyle ilişkisinin araştırılması

Materyal Metod: Retrospektif klinik çalışmada Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi Göz Hastalıkları Kornea Birimi'nde Ocak 2016-Mayıs 2023 tarihleri arasında keratokonus tanısı veya şüphesi ile takip edilen olguların ve Ocak 2016-Mayıs 2023 tarihleri arasında ilk defa kontakt lens kullanmak amacıyla Kontakt Lens birimine başvuran kontrol grubu hastaların Sirius cihazı ile elde edilen korneal topografi ve tomografi parametreleri ile RTVue cihazı ile elde edilen pakimetri ve epitel haritaları incelendi.

Sonuç: Bu hastaların 156 gözü keratokonus uyumlu (KK), 68 gözü Forme Fruste Keratokonus (FFK), 70 gözü keratokonus şüpheli (KŞ), 100 gözü normal (N) olacak şekilde 4 gruba ayrıldı. Cihazlar ile elde edilen parametrelerin istatistiksel analizi her bir grup için tablolarda gösterildi. Pakimetri ve epitel haritalarının ortalamaları her bir grup için yeniden oluşturuldu ve apeksin konumu haritalarda işaretlendi. Cihazlarda ortak olarak değerlendirilen parametrelerin uyum ve korelasyonu değerlendirildi. Sirius ve RTVue cihazı ile elde edilen tüm parametreler KK hastaların kontrol grubundan ayrımında istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.001$). Sirius cihazı ile elde edilen maksimum keratometri değeri (Kmax), en ince noktadaki anterior ve posterior elevasyon, apeksteki anterior ve posterior elevasyon, şekil indeksleri (RMS/f, RMS/b, Anterior Q, Posterior Q), keratokonus tarama indeksleri (SIf, SIb, KVf, KVb, BCVf, BCVb, BCVt) tüm grupların birbirinden ayrımında istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.001$). RTVue cihazı ile elde edilen 2-5 mm'de pakimetri SN-IT, S-I farkı, Minimum-Median pakimetri farkı, Epitel kalınlık standart deviasyonu (EpiSD), epitel kalınlık aralığı (EpiMin-Max) parametreleri de tüm grupların birbirinden ayrımında istatistiksel olarak anlamlı

bulundu (p<0.001). İki cihazın da ortak ölçtüğü en ince kornea kalınlığı ve santral kornea kalınlığı değerleri karşılaştırıldığında iki cihazın verileri birbiriyle uyumlu olmakla birlikte daha yüksek kornea kalınlıklarında literatürle uyumlu şekilde Sirius cihazının daha yüksek ölçüm yaptığı gösterildi. Epitel kalınlık değerlerinin standart sapması (EpiSD) ile Sirius cihazı ile elde edilen asimetri indeksleri arasındaki korelasyon sırasıyla SIf ile r: 0,799 p: <.001; SIb ile r: 0,806 p: <.001 bulunmuştur. RTVue cihazı ile elde edilen epitel kalınlık değerlerinin aralığı (EpiMin-Max) ile Sirius cihazı ile elde edilen asimetri indeksleri arasındaki negatif korelasyon sırasıyla SIf ile r: 0,782 p: <.001; SIb ile r: 0,792 p: <.001 bulunmuştur.

Tartışma: Korneanın en dik olduğu yerin epitel ortalama haritasındaki en ince 4 bölgeye denk geldiği çevresindeki bölgelerin de daha kalın olduğu KK ve FFK grubunda gösterildi. Bu patern literatürde tanımlanan "donut paterni" ile uyumlu olarak bulundu. Epiteldeki fokal incelme alanlarını ve epiteldeki varyasyonları tespit edebilen EpiMin-Max ve EpiSD parametrelerinin keratokonusun erken aşamalarında tespit edilebilmesi için klinik pratikte kullanımının yararlı olabileceği düşünülmüştür. Bu parametrelerin sensitivite ve spesifite analizleri yapılarak, sınır değerleri standardize edilerek daha ileri çalışmalarda klinik pratikte kullanıma uygun hale getirilebileceğini düşünmekteyiz.

Anahtar kelimeler: Keratokonus şüphesi, Sirius, RTVue, Epitel haritalaması, Optik Koherans Tomografi, Kornea Topografisi, Kornea Tomografisi

ABSTRACT

Aim: This study aims to compare the parameters obtained using the Sirius device (CSO, Florence, Italy)-a hybrid imaging system based on Placido rings and Scheimpflug imaging- and the pachymetry and epithelial mapping data from the RTVue device (OptoVue, Fremont, CA, USA) between patients with keratoconus, forme fruste keratoconus, keratoconus suspects, and a control group. It also seeks to explore correlations between the findings from both devices.

Material and Method: This retrospective clinical study was conducted at the Cornea Unit of Dışkapı Yıldırım Beyazıt Training and Research Hospital between January 2016 and May 2023. It included patients diagnosed with or suspected of having keratoconus, as well as control group patients who consulted for contact lens fitting for the first time during the same period. Corneal topography and tomography parameters were obtained with the Sirius device and pachymetry and epithelial maps were measured using the RTVue device.

Result: The study evaluated 156 eyes with keratoconus-compatible findings (KC), 68 eyes with Forme Fruste Keratoconus (FFK), 70 keratoconus-suspect eyes (KS), and 100 normal eyes (N), dividing them into four groups. Statistical analyses of the device parameters for each group were presented in tables. Average pachymetry and epithelial maps were reconstructed for each group, and the apex position was marked. The agreement and correlation between shared parameters from the two devices were also assessed. All parameters measured by the Sirius and RTVue devices were found to be statistically significant in distinguishing keratoconus-compatible patients from the control group ($p<0.001$). Notably, the following Sirius parameters were statistically significant in differentiating between all groups: Maximum keratometry value (Kmax), Anterior and posterior elevation at the thinnest point and apex, Shape indices (RMS/f, RMS/b, Anterior Q, Posterior Q) and Keratoconus screening indices (SIf, SIb, KVf, KVb, BCVf, BCVb, BCVt) ($p<0.001$). From RTVue, these parameters were also significant across all groups: Pachymetry in 2-5 mm zones (SN-IT, S-I difference), Minimum-Median pachymetry difference, Epithelial thickness standard deviation (EpiSD) and Epithelial thickness range (EpiMin-Max) ($p<0.001$).

These two devices showed consistent measurements of the thinnest corneal thickness and central corneal thickness. However, in thicker corneas, Sirius provided higher values, consistent with previous literature. The correlation between the standard deviation of epithelial thickness values (EpiSD) and the asymmetry indices obtained from the Sirius device was found to be r: 0.799, p: <.001 for SIf and r: 0.806, p: <.001 for SIb, respectively. A negative correlation was found between the epithelial thickness range (EpiMin-Max) obtained from the RTVue device and the asymmetry indices obtained from the Sirius device, with r: 0.782, p: <.001 for SIf and r: 0.792, p: <.001 for SIb, respectively.

Discussion: The area of the cornea with the steepest curvature was shown to correspond to the thinnest four regions on the epithelial average map, with the surrounding regions being thicker, in both the KC and FFK groups. This pattern was found to be consistent with the "donut pattern" described in the literature. It is thought that the EpiMin-Max and EpiSD parameters, which can detect focal thinning areas and variations in the epithelium, may be useful in clinical practice for identifying keratoconus in its early stages. We believe that with sensitivity and specificity analyses and the standardization of threshold values, these parameters could be made suitable for clinical use in future studies.

Keywords: Keratoconus suspect, Sirius, RTVue, Epithelial mapping, Optical Coherence Tomography, Corneal Topography, Corneal Tomography

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Keratokonus korneanın progresif olarak incelmesi ve dikleşmesi ile karakterize inflamatuar olmayan ektatik bir kornea hastalığıdır. Genellikle bilateral gözlenmekle birlikte asimetrik seyir gösterebilmektedir (1).

Başlangıçta semptomlara neden olmayabileceği için spesifik topografik ve tomografik tetkikler yapılmazsa kolayca gözden kaçabilmektedir. Önceden tespit edilememiş erken evre keratokonus hastalığı, refraktif cerrahi sonrası gelişen ektaziler için en önemli risk faktörüdür. Korneal çapraz bağlama operasyonu progresyonun önlenmesi amacıyla FDA (Food and Drug Administration-Birleşik Devletler Gıda ve İlaç Dairesi) onaylı bir tedavi seçeneğidir. Keratokonus hastalığını erken aşamalardayken durdurabilmek için hastalığın olabildiğince erken tespit edilebilmesi önemlidir. Bu nedenle henüz klinik bulguları ortaya çıkmadan keratokonusu erken evrelerinde yakalayabilmek için korneal topografi ve tomografi cihazlarından pratikte sıklıkla yararlanılmaktadır (2).

Literatürde altta yatan stromal bozukluklara bağlı olarak kornea epitelinin yeniden şekillendiği gösterilmiştir (3). Keratokonus hastalığının erken safhalarında da apeksteki bölgesel dikleşme, eşlik eden kornea epitelinin incelmesi ile kompanse edilmeye çalışılmaktadır. Klinik ve topografik bulgular ortaya çıkmadan bu epitel değişiklikleri tespit edilerek keratokonusu erken evrelerde yakalayabilmek amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır (4,5,6,7). Epitelin bu kompanse edici etkisi nedeniyle anterior korneadaki topografi değişiklikleri maskelenebilmektedir. Bu nedenle keratokonusun erken evrelerinde posterior korneadaki topografi değişiklikleri önem kazanmaktadır (4,6).

Placido halka tabanlı topografi sistemleri yalnızca korneanın anterior yüzeyi hakkında bilgi verebildiğinden kornea kalınlığı ve posterior elevasyon değerlerinin önem kazandığı erken evre keratokonus hastalarında ve forme fruste keratokonus vakalarının ayırt edilmesinde yetersiz kalmaktadır (8). Placido halka tabanlı topografiler ile normal olarak değerlendirilen kornealarda refraktif cerrahi sonrası

ektazi gelişmesi, yeni teknolojilere sahip cihazların ve farklı parametrelerin geliştirilmesine ihtiyaç doğurmuştur (9,10).

Kornea tomografileri, kornea topografi cihazlarından farklı olarak korneayı üç boyutlu olarak değerlendirebildiğinden ön ve arka kornea yüzeylerin elevasyonunu saptar ve korneanın kalınlık haritalarını verir (11). Epitel, stroma ve total kornea kalınlıklarının 3 boyutlu haritalamaları keratokonusun erken evrelerde tanınmasında oldukça faydalıdır (12).

Literatürde keratokonuslu hastalarda apeks üzerindeki kornea epitelinin dikliği kompanse etmek amacıyla inceldiği ve çevresindeki halka şeklindeki epitelin kalınlaştığı gösterilmiştir. Bu değişiklikler epitel haritasındaki şekli itibariyle "donut paterni" olarak adlandırılmıştır (4). Yine epitel haritalamasından elde edilen en ince epitel kalınlığı, en kalın epitel kalınlığı, minimum ve maksimum epitel kalınlığı farkı, standart deviasyon gibi parametreler de keratokonus hastalığının kontrol grubundan ayrımında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (6).

Bu çalışmada erken evre keratokonus ve keratokonus şüphesi olan hastaların Placido halka ve Scheimpflug tabanlı hibrit bir görüntüleme sistemi olan Sirius cihazı (CSO, Florensa, İtalya) ile elde edilen parametreleri ve RTVue cihazı (OptoVue, Fremont, CA, ABD) ile elde edilen pakimetri ve epitel haritalamaları verilerinin keratokonus tanılı ve kontrol grubu hastalar ile karşılaştırılması ve elde edilen verilerin birbirleriyle ilişkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. KORNEA ANATOMİSİ

Kornea yüzeyi ilişkili olduğu göz yaşı film tabakası ile birlikte gözün kırma gücünün büyük kısmından sorumludur (13). Normal kornea avaskülerdir. Beslenmesini ve metabolik artıkların atılmasını ön kısımda göz yaşı ile, arka kısımda aköz hümör ile sağlamaktadır (14).

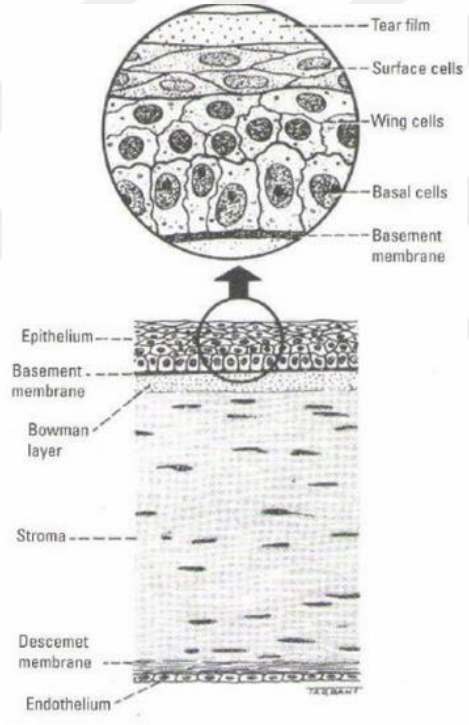
Vertikal çapı 10,6 mm, horizontal çapı 11,7 mm olmak üzeri horizontal çapı daha uzundur. Kornea kalınlığı periferde 0,67 mm, santralde 0,52 mm olmak üzere merkezden perifere doğru kademeli olarak kalınlaşmaktadır (13). Kornea kalınlığı stromadaki kolajen miktarı değişikliği nedeniyle superiorda inferiora göre, nazalde temporale göre daha kalındır (15).

Kornea ön yüzeyinin kırma gücü 48 D, arka yüzeyinin kırma gücü -5,8 D, net kırma gücü ise 43 D'dir (16). Santral kornea perifer korneadan 3 D daha dik olduğundan prolat şekildedir, bu da korneanın asferik bir optik sistem olmasını sağlamaktadır (17,18). Korneanın asferisite değerini ölçen Q faktörü'dür. Korneada santralden perifere doğru olan düzleşmenin ölçeğidir. Q değerinin 0'dan küçük olması korneanın daha prolat olduğunu, Q değerinin 0'dan büyük olması korneanın daha oblat olduğunu gösterir (19). Daha önceki çalışmalarda normal kornealarda ortalama Q değerinin (-0.03 ve -0.33) aralığında olduğu gösterilmiştir (20). Keratokonus gibi santral korneanın periferik korneadan belirgin dik olduğu durumlarda korneanın şekli hiperprolat olmaktadır, bu durumda Q değeri yüksek negatif değerlerde olmaktadır (<-0.9) (21).

Kornea temel olarak 5 tabakadan oluşur:

2.1.1. Epitel

Kornea epiteli 50-60 µm kalınlığında yaklaşık 5-6 tabakadan oluşan non-keratinize stratifiye skuamöz epitel hücrelerinden oluşmaktadır. Kornea epitelinin ön yüzeyinde çok sayıda mikrovillus ve mikroplika bulunmaktadır, bu yapılar glikokaliks yapıları sayesinde prekorneal göz yaşı film tabakasını stabilize etmektedir (13). Epitel tabakası yaklaşık 7 µm kalınlığındaki göz yaşı film tabakası ile kaplıdır, bu tabaka epitel yüzeyindeki mikrodeğişikliklerin optik olarak maskelenmesi için önemlidir (17).



Şekil 1. Kornea anatomisi
Kanski 9.baskı'dan (14)

Kornea epitel bütünlüğü bozulduğunda epitel hücreleri bu hasarı onarmak için hızlıca ameboid hareketlerle yara yerine gelir ve yara kenarında hücre replikasyonu gerçekleşir (13).

Kornea epiteli üç tip hücre içerir:

1. Bazal kolumnar hücreler: Tek tabakadan oluşur ve epitel bazal membranına hemidezmozomlarla bağlıdır.
2. Kanat hücreler: 2-3 sıra hücreden oluşur, ince kanat benzeri uzantıları nedeniyle bu şekilde adlandırılmaktadır.
3. Yüzeyel hücreler: 2-3 sıra ince ve uzun poligonal hücrelerden oluşmaktadır (16).

Bazal hücreler kornea epitelinin mitoza uğrayabilen tek hücre çeşididir. Kornea epitel hücreleri düzenli bir şekilde involüsyon, apoptoz ve deskuamasyona uğrar; daha derindeki hücreler zamanla apikal yönde hareket ederek deskuame olan yüzey hücrelerinin yerini alır, deskuame olan yüzeyel epitel hücreleri ise göz yaşı film tabakası ile atılır (22). Epitel hücrelerinin yenilenmesi yaklaşık 7-10 günde tamamlanır (23).

Bazal hücreler hemidezmozomlarla bağlayıcı tip 7 kolajen fibrillerin yardımıyla altındaki bazal membrana tutunur (24). Bu epitel bazal membranı başlıca tip 4 kolajen ve lamininden oluşur, 40-60 nm kalınlığındadır (25).

2.1.2. Bowman Tabakası

Bowman tabakası stromanın hemen önünde bulunur. Aselüler yapıdadır. Yaklaşık 15 μm kalınlığındadır. Hasara uğradığında yenilenemez ve bu durum skar oluşumuna neden olabilir (18).

2.1.3. Stroma

Stroma, kornea kalınlığının yaklaşık %90'ını oluşturmaktadır. Yaklaşık 500 μm kalınlığındadır.

Düzenli bir şekilde sıralanmış kolajen fibrillerinden, dermatan sülfat, keratan sülfat, kondroitin sülfat olmak üzere glikozaminoglikanlardan ve modifiye fibroblast hücreleri olan keratositlerden oluşmaktadır (26). Stroma kolajen fibrillerin ve hücre

dışı matriksin düzenli dizilimi sayesinde şeffaftır. Başlıca tip 1 kolajenden oluşmakta olup yapısında tip 6 ve 12 kolajen de bulunmaktadır (27).

Descemet membranının hemen önünde aselüler Dua tabakası yer almaktadır. 6-15 µm kalınlığında güçlü, hava geçirmeyen bir tabakadır (28).

2.1.4. Descemet Membranı

Descemet membranı, kornea endotelinin bazal membranıdır. Doğumda 3 µm kalınlıkta olmakla birlikte yaşla birlikte kalınlığı artmaktadır, erişkinlerde 8-10 µm'ye kadar ulaşır.

Korneal stromadaki kolajen fibrilleri Bowman tabakası ile devamlılık göstermektedir fakat Descemet membranı ile devamlılık göstermez. Descemet membranı korneal stromanın posterior yüzeyine oldukça sıkı bağlıdır ve stromadaki her şekil değişikliğini yansıtmaktadır. Fiziksel stress ile Descemet membranının yırtılması aköz hümörün kornea stromasına ilerlemesine ve sonuç olarak stromal ödeme neden olabilmektedir (29).

2.1.5. Endotel

Kornea endoteli hegzagonal şekilde tek katlı skuamöz epitel hücrelerinden oluşur. Hücreler 5-6 µm yüksekliğinde ve 18-20 µm çapındadır.

Endotel hücreleri düşük de olsa yenilenebilme kapasitesine sahiptirler ve hücre kaybı ile sonuçlanan durumlarda hasarlı bölge komşu hücreler tarafından yenilenir.

Endotel hücreleri mitokondri de dahil olmak üzere pek çok sitoplazmik organel içermektedir, bu da hücrelerin aktif transportta rol aldığını göstermektedir. Kornea hidrasyonunun düzenlenmesinde dolayısıyla kornea şeffaflığının muhafaza edilmesinde önemli rol oynamaktadır (13).

Doğumda hücre yoğunluğu yaklaşık 3500 hücre/mm²'dir. 2.dekaddan 8.dekada kadar, hücre yoğunluğu 3000-4000 hücre/mm²'den yaklaşık 2600 hücre/mm²'ye

düşer; hegzagonal hücre yüzdesi yaklaşık %75'ten %60'a düşer (30). Normal kornealarda santral endotel hücre yoğunluğu her yıl ortalama %0,6 azalmaktadır (31).

2.2. KERATOKONUS

Keratokonus, korneanın santral veya parasantral bölgesinin progresif olarak dikleşmesi ve incelmesi ile seyreden inflamatuar olmayan korneanın ektatik bir hastalığıdır. Hücresel infiltrasyon ve vaskülarizasyon izlenmez. Korneanın santral 2/3'ünü içermekle birlikte genelde vizüel aksın hemen altında tespit edilmektedir (1).

Genellikle bilateral olarak görülmektedir (1). Bilgisayarlı videokeratografi yöntemlerinin gelişmesi ve keratokonusun erken evrelerde tespit edilebilmesiyle tek taraflı keratokonus prevalansının %0,5-4 arasında değiştiği literatürde gösterilmiştir (32,33).

Literatürde yapılan çalışmalarda cinsiyetler arası görülme sıklığında belirgin bir fark tespit edilememiştir. Krachmer ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada %60 oranında kadınlarda görülürken, Ertan ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada %62 oranında erkeklerde görülmüştür (1,34).

Genelde puberte döneminde başlamakla birlikte 10-20 yıl içerisinde progresyon gösterebilmektedir, özellikle gebelik döneminde hızlı progresyon gösterdiği çalışmalarda gösterilmiştir (35). 4.dekaddan itibaren progresyon tipik olarak yavaşlamakla birlikte literatürde bu dönemde de progresyon gösteren vakalar mevcuttur (36).

Çevresel ve etnik faktörlere göre değişmekle birlikte keratokonus prevalansının 1.000'de 1,38 olduğu tahmin edilmektedir (37). Asyalılarda ve özellikle Orta Doğu'da keratokonus prevalansı artmıştır. Daha önce yapılan bir çalışmada akraba evliliğinin de sık olduğu Kuzey Pakistanlılarda keratokonus prevelansının Asyalılardan da fazla olduğu gösterilmiştir (38).

2.2.1. Etiyopatogenezi

Keratokonus hastalığında genetik ve çevresel faktörler birlikte etki etmekle birlikte, literatürde yapılan çalışmalarda bir veya daha fazla aile üyesinde keratokonus görülme sıklığı %5 ile 10 arasında raporlanmıştır (36,39).

Astım, egzema ve saman nezlesi gibi atopik bulguları olan kişilerde keratokonus görülme sıklığı artmaktadır. Bu atopik bulguları eşlik edebilecek göz kaşıma alışkanlığının da keratokonus riskini arttırdığı gösterilmiştir (39). Down sendromu, Leber'in Konjenital Amorozisi gibi nadir genetik hastalıklarda da keratokonusa yatkınlık tespit edilmiştir (40,41). Anormal kolajen elastisitesi ile seyreden Ehler-Danlos Sendromu, Osteogenesis İmperfekta, Marfan Sendromu, Mitral Kapak Prolapsusu, Psödoksantoma elastikum gibi hastalıklarda; anormal retina fonksiyonuna sahip veya mental retarde hastalarda görülen göz kaşıma alışkanlığına benzer oküler travmaya neden olan okülodijital sendrom gibi durumlarda da keratokonus görülme sıklığı artmıştır (42). Gevşek göz kapağı sendromu ve obstrüktif uyku apnesi sendromu da keratokonus ile ilişkisi gösterilmiş hastalıklardır (43).

Sigara ve diyabetik hipergliseminin korneal kolajen çapraz-bağlanmayı arttırarak keratokonus riskini azalttığı düşünülmektedir (44,45,46)

2.2.2. Histopatolojisi

Teng ve arkadaşlarının yapmış oldukları histopatolojik çalışmalara göre en erken patolojik değişiklikler kornea epitelinin bazal tabakasında gerçekleşmektedir. Bu dejenere epitel hücrelerinden açığa çıkan enzimler bazal membran fragmentasyonuna, bowman tabakasının fibrilasyonuna ve kolajen fibrillerin kaybına neden olmaktadır. Teng ve arkadaşlarının sonuçlarına göre keratokonus primer olarak korneanın ektodermal tabakası olan epiteli etkilemektedir, korneanın mezodermden köken alan stroma tabakası ise sekonder olarak etkilenmektedir (32).

Korneal stromada incelme, Bowman tabakasında bozulmalar ve kornea epitelinin bazal tabakalarında demir birikimi keratokonusun karakteristik histopatolojik bulgularıdır. PKP (Penetran KeratoPlasti) uygulanan keratokonus

hastalarından alınan kornealar incelendiğinde epitelde incelme, düzensiz ve kalınlaşmış epitel bazal membranı, Bowman tabakasında hasarlanmalar ve bu hasarlı kısımların fibrozis ile yeniden yapılandığı gösterilmiş. Özellikle anterior stromada keratosit dansitesinin azaldığı tespit edilmiş (47).

2.2.3. Klinik Bulguları

Keratokonus korneanın yapısında meydana gelen değişiklikler nedeniyle yüksek miyopi, regüler ve irregüler astigmatizmaya yol açmaktadır. Meydana gelen refraktif bozukluklar nedeniyle görme keskinliğinde azalma ve hatta çocukluk çağında başladığında ambliyopiye neden olabilmektedir. Görme keskinliği 20/20 ölçülebilmesine rağmen görme kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir (1). Bu nedenle bu hastaların görme keskinliği değerlendirilirken "en iyi düzeltilmiş görme keskinliği" yerine "tatmin edici en iyi düzeltilmiş görme keskinliği" tanımının kullanılması önerilmiştir (2).

Keratokonusta sıklıkla gözlenen klinik bulgular: (48)

-Retinoskopide makaslama reflesi: Erken dönemlerde gözlemlenebilir, nonspesifiktir. Genelde irregüler astigmatizma ile ilişkilidir. Retinoskopi keratokonus tanısında oldukça kullanışlı bir araçtır, daha önce yapılan bir çalışmada sensitivitesinin %97,7, spesifitesinin %79,9, pozitif prediktif değerin %70,8 ve negatif prediktif değerin %98,4 olduğu gösterilmiştir (49).

-Charleux'nun yağ damlacığı bulgusu: Pupil dilate iken retroillüminasyon yöntemi ile belirlenebilmektedir. Konüsün olduğu bölgede koyu renkli yağ damlacığı şeklinde refle gözlemlenmektedir (36).

-Rizzuti belirtisi: Erken dönemlerde gözlemlenebilir, nonspesifiktir. Işık kaynağı korneaya temporalden tutulduğunda ışık ışınlarının nazal limbusta kesişmesinden kaynaklanmaktadır.

-Munson belirtisi: İlerleyen evrelerde gözlemlenir, nonspesifik bir bulgudur. Aşağı bakışta alt göz kapağı inferiora deviye olmaktadır.

-Fleischer halkası: Konüsün tabanında bazal epitel seviyesinde demir birikimi nedeniyle oluşmaktadır.

-Vogt çizgileri: Konüsün tepesinde posterior stromada gözlemlenen ince, paralel çizgilenmelerdir, korneaya basınç uygulanması ile kaybolabilmektedir.

-Hidrops: Descemet membranında ani bir şekilde meydana gelen yırtılma sonucu aköz hümörün stromaya sızması ile korneal ödem oluşmasıdır. Genelde ileri evrelerde gözlemlenen keratokonus hastalığının bir komplikasyonudur. 3 ay içerisinde spontan olarak iyileşebilmekle birlikte posterior stromada skar oluşumuna neden olabilmektedir.

-Belirgin korneal sinirler: Fuchs Endotelyal Distrofi, Posterior Polimorfoz Korneal Distrofi, Akantomoeba keratiti, İktiyozis, Multipl Endokrin Neoplazi Sendromu tip 2b, Nörofibromatozis Sendromu tip1, Riley Day Sendromu ve Refsum hastalığı gibi pek çok hastalıkta da görülebilmektedir (50).

2.2.4. Sınıflandırılması

2.2.4.1. Koni Morfolojisine Göre

Tablo 1. Koni morfolojisine göre keratokonus sınıflaması

KON TİPİ	ÖZELLİĞİ	BOYUTU (mm)
Sivri (nipple)	Küçük boyut ve dik kurvatür	<5
Oval	Büyük ve elipsoid—en sık tip	5-6
Global	Büyük ve glob şeklinde	>6

Kaynak: "Keratoconus, Springer, 2022." kitabından (51)

2.2.4.2. Kornea Kurvatürüne Göre

Tablo 2. Korneal kurvatüre göre keratokonus sınıflaması

Keratokonus evresi	Korneal Kurvatür
Hafif	45.00 D
Orta	45.00-52.00 D
İleri	52.00-62.00 D

Kaynak: "Keratoconus, Springer, 2022." kitabından (51)

2.2.4.3. Amsler-Krumeich Sınıflaması

Amsler-Krumeich sınıflaması sıkça kullanılan en eski sınıflamalardan biridir. Marc Amsler tarafından 1947 yılında tanımlanmıştır. Tamamen anterior kornea verilerinden oluşmaktadır. Keratometri, pakimetri, refraksiyon ve santral 3 mm'lik kurvatürde korneal skar varlığı parametrelerine dayalı 4 evreden oluşmaktadır. Sınıflama sistemi için Placido halka görüntüleme sistemi kullanılmıştır.

Posterior verilerin kullanılmaması, en ince nokta yerine korneal apeksten alınan ölçümlerin değerlendirilmesi ve görme keskinliğinin sınıflamaya dahil edilmemesi bu sınıflamanın eksiklikleri arasındadır (51).

Tablo 3. Amsler-Krumeich sınıflaması

Evre	Klinik Kriter
I	Eksentrik korneal dikleşme Miyopi ve/veya astigmatizma <5 D Ortalama santral K değeri ≤48 D Vogt's striae, skar olmaması
II	Miyopi ve/veya astigmatizma >5 ve ≤8 D Ortalama santral K değeri ≤53 D Santral skar olmaması Kornea kalınlığı ≥400 µm
III	Miyopi ve/veya astigmatizma >8 ve ≤10 D Ortalama santral K değeri >53 D Santral skar olmaması Kornea kalınlığı 200-400 µm
IV	Refraksiyon ölçülemiyor Ortalama santral K değeri >55 D Santral skar, perforasyon Kornea kalınlığı <200 µm

Kaynak: "Keratoconus, Springer, 2022." kitabından (51)

2.2.4.4. Belin ABCD Sınıflaması

Belin ABCD sınıflaması, Amsler-Krumeich sınıflamasındaki değişiklikler göz önüne alınarak Pentacam (OCULUS firmasının, Wetzlar, Almanya) cihazı ile Scheimpflug görüntüleme sistemi kullanılarak oluşturulmuştur (52).

Bu sınıflamada aşağıda belirtilen korneal topografik parametreler ile birlikte görme keskinliği verileri kullanılmaktadır:

- Anterior kurvatür çapı (ARC:Anterior Radius Curvature) en ince pakimetri noktasını santraline alan 3 mm'lik alanda ölçülmektedir.
- Posterior kurvatür çapı (PRC:Posterior Radius Curvature) en ince pakimetri noktasını santraline alan 3 mm'lik alanda ölçülmektedir.
- En ince pakimetri (µm biriminde)
- Uzakta en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (BDVA:Best Distance corrected Visual Acuity)

ABCD sınıflamasında ölçümlerin en ince pakimetri noktası santrale alınarak yapılması, her bir parametrenin birbirinden bağımsız olarak değerlendirilebilmesi, klinik kullanım kolaylığı bu sınıflamanın avantajları arasındadır (51).

Tablo 4. Belin ABCD sınıflaması

Evre	Keratokonus evrelemesi ve izlemi için kullanılan topografik parametreler				
	A	B	C	D	Skar varlığı
	ARC	PRC	En ince pakimetri	EİDGK	
0	>7.25 mm (<46.5 D)	>5.90 mm	>490 µm	≥20/20 (≥1.)	-
I	>7.05 mm (<48.0 D)	>5.70 mm	>450 µm	<20/20 (<1.0)	-,+,++
II	>6.35 mm (<53.0 D)	>5.15 mm	>400 µm	<20/40 (<0.5)	-,+,++
III	>6.15 mm (<55.0 D)	>4.95 mm	>300 µm	<20/100 (<0.2)	-,+,++
IV	<6.15 mm (>55.0 D)	<4.95 mm	≤300 µm	<20/400 (<0.05)	-,+,++

ARC:Anterior Radius of Curvature , PRC:Posterior Radius of Curvature, EİDGK: En İyi Düzeltilmiş Görme Keskinliği

Skar varlığı: (-) saydam kornea, (+) iris detayları seçilebiliyor, (++) iris seçilemiyor

Kaynak: "Keratoconus, Springer, 2022." kitabından (51)

2.2.5. Tedavisi

Keratokonus hastalığının erken teşhisi mevcut görme keskinliğini korumak ve iyileştirmek için oldukça önemlidir.

Progresyonda etkili olduğu gösterilmiş olan göz kaşıma davranışından kaçınılması için hastalar uyarılmalıdır. Göz kaşıma davranışını arttırabilmesi açısından ve progresyonda etkili olduğu gösterilmiş olan oküler alerji durumları tedavi edilmelidir.

Erken keratokonus hastalığında gözlüklerle ve yumuşak kontakt lenslerle dahi görme keskinliği iyileştirilebilmektedir. İlerleyen evrelerde korneal aberrasyonların da artması ile birlikte sert gaz geçirgen, hibrit, piggy-back ve skleral lenslere ihtiyaç duyulabilmektedir.

Keratokonus progresyonunu yavaşlatmakta ve hatta durdurmakta etkili olduğu literatürdeki çalışmalarla gösterilmiş olan FDA onaylı bir yöntem olan korneal çapraz bağlama tedavisi de keratokonus progresyonun gösterildiği hastalara uygulanabilmektedir. Kornea stromasındaki biyomekanik bağların güçlendirilmesi esasına dayanmaktadır.

Yine görme keskinliğini arttırmak, yüksek sıralı aberrasyonları azaltmak ve kontakt lens uyumunu arttırmak amacıyla Kornea içi halka sistemleri kullanılabilmektedir.

Kontakt lenslerle görmenin iyileştirilemediği durumlarda Derin Anterior Lamellar Keratoplasti (DALK), korneal skarlar nedeniyle görmenin ciddi azaldığı durumlarda da Penetrean KeratoPlasti (PKP) gibi cerrahi yöntemler de keratokonus hastalığının yönetiminde tercih edilebilmektedir (53).

2.3. KORNEA GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ

Scheiner'in 1619 yılında belirli boyutlardaki mermerlere cam paneller ile kornea yüzeyinden gelen yansımaları kullanarak korneanın kırıcılığını belirlemeye

çalışmasıyla korneal kurvatür çalışmaları başlamıştır (54). 1854 yılında Helmholtz geliştirdiği oftalmometre ile gözün diğer elemanlarıyla birlikte kornea ve lensin kurvatürlerini hesaplayabilmiştir (55). 1881 yılındaysa Javal ve Schiotz korneal astigmatizmanın hızlıca ölçülebilmesini sağlayan oftalmometreden daha basit klinik bir araç geliştirmişlerdir ve bu araç yalnızca korneanın kurvatürünü değerlendirebildiğinden keratometre olarak adlandırılmıştır (56).

Placido halka cihazı 1880'li yıllarda kornea kurvatürünü değerlendirmek amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. İlk olarak Portekizli bir oftalmolog ve mikrobiyolog olan António Plácido da Costa tarafından kornea yapısının değerlendirilebilmesi için bir el cihazı olarak geliştirilmiştir. 23 cm çapındaki bu cihazda siyah beyaz konsentrik halkalar ve merkezinde bir açıklık bulunmaktadır. Pencere önü gibi iyi aydınlatılmış bir alanda hasta konumlandırılır ve korneanın 15 cm uzağından korneanın yüzeyine düşen halkaların kornea yüzeyinde oluşturduğu görüntü değerlendirilir (57). Daha sonraki yıllarda Placido halkaların video görüntülemesi ile kornea şekli ve güç dağılımının renk kodlu kontür haritaları ile gösterilmeye başlaması modern topografi cihazlarının önünü açmıştır (58).

Korneal topografi ve tomografi kornea pratiğinde sık kullanılan ve sıkça birbiri ile karıştırılabilen isimlendirmelerdir (59). Bu karışıklık korneal topografi cihazları geliştirildiğinde henüz korneal tomografi tanımlanması yapılmadığından kaynaklanıyor olabilir (58).

Topografi kelimesi Yunanca "yer" (topos) ve "yazmak" (graphein) kelimelerinin birleşmesi ile oluşmuştur ve bir yerin tanımlanması anlamını taşımaktadır. Tomografi kelimesi Yunanca "kesik bölüm" (tomos) ve "yazmak" (graphein) kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Tıpta, klasik bilgisayarlı tomografi terimi hızla dönen dar X-ışınları sayesinde iç organların kesit görüntülerinin elde edilmesi şeklinde kullanılmaktadır. Bu sayede iç organların 3 boyutlu anatomik yapısı hakkında ayrıntılı bilgi sahibi olabilmekteyiz. Benzer şekilde korneal tomografi korneanın stereografik modelini oluşturabilmektedir, pakimetri haritalaması ile birlikte korneanın ön ve arka yüzeyini analiz edebilmektedir. Bu nedenle korneanın ön yüzey özelliklerini gösteren cihazlar için korneal topografi; korneanın ön ve arka

yüzey özelliklerini birlikte gösterebilen, korneanın 3 boyutlu değerlendirilebilmesini sağlayan cihazlar için korneal tomografi terimi kullanılmalıdır (59).

Katarakt ve refraktif cerrahi gibi invaziv işlemlerin sonuçlarının öngörülmesinde; keratokonus, pellusid marjinal dejenerasyon, korneal skarlar, limbal dermoid veya pterjium gibi korneal patolojilerin tanısında; ayrıca kontakt lens uygunluğunun değerlendirilmesi, intrakorneal halka yerleştirilmesi gibi pek çok klinik durumda kornea yapısının doğru değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Korneal topografi cihazları yalnızca korneanın ön yüzeyi hakkında bilgi verebilirken son zamanlarda yaygın olarak kullanılan korneal tomografi cihazları korneanın hem ön hem arka yüzeyi hakkında bilgi verirken korneanın 3 boyutlu haritasını çıkarabilmektedir (59).

2.3.1. Kornea Topografisi

Tablo 5. Günümüzde yaygın olarak kullanılan bazı korneal topografi cihazları

Teknoloji	**Özellikleri**	**Örnek Topografi Cihazları**
Placido halka	Geniş-kon topografi	Antares, Sirius+*, MS-39* (CSO) Keratograph 5 M (Oculus) KR-1W (Topcon) Atlas (Zeiss) Galilei* (Ziemer)
	Küçük-kon topografi	E300 (Medmont) Keratotron (Optikon)
Renkli ışık yayan diod	Speküler yansımaların noktadan noktaya düzenlenmesi	Cassini (i-Optics) Cassini Ambient (i-Optics)

* Hem korneal topografi hem korneal tomografi görüntüleri elde edilebilen cihazları belirtmektedir.
Kaynak: Kanclerz ve arkadaşlarından (59)

Placido halka tabanlı cihazlar, geniş-konlu ve küçük-konlu olarak ikiye ayrılabilirler. Küçük-konlu sistemler daha fazla veri noktası değerlendirebildiğinden daha doğru sonuçlar verebilmektedir fakat çalışma mesafeleri daha kısa olduğundan derin orbitalı kişilerde çekim zor olmaktadır (59).

2.3.1.1. Placido Halka tabanlı Topografi

Placido tabanlı topografiler ile ön kornea yüzeyinden yansıtılan halkalar değerlendirilmektedir. Bilgisayar halkaları halkaların şekline göre korneanın kurvatürünü hesaplamaktadır. Korneanın dikleştiği bölgelerde halkalar birbirine yaklaşırken, korneanın daha düz olduğu bölgelerde halkalar arası mesafe artmaktadır (60).

Bu cihazlar ile yalnızca korneanın ön yüzeyi direkt olarak değerlendirilebilmektedir ve bu teknik göz yaşı film tabakasındaki düzensizliklerden oldukça etkilenmektedir. Göz kırpma sonrası görüntü alınmasının gecikmesi göz yaşı film tabakasındaki bozulmadan ötürü normal kornealarda düzensizlikler tespit edilebilmesine neden olabilmektedir (61).

Placido halka tabanlı sistemler yalnızca korneanın anterior yüzeyi hakkında bilgi verebildiğinden kornea kalınlığı ve posterior elevasyon değerleri ile tanı konulabilen erken evre Forme Fruste Keratokonus (FFK) vakalarını ayırt edememektedir (8).

Placido halka tabanlı topografiler ile normal olarak değerlendirilen kornealarda refraktif cerrahi sonrası ektazi gelişmesi, yeni teknolojilere sahip cihazların ve farklı parametrelerin geliştirilmesine ihtiyaç doğurmuştur (9,10).

2.3.2. Kornea Tomografisi

Kornea tomografileri, kornea topografi cihazlarından farklı olarak ön ve arka kornea yüzeylerinin elevasyonunu saptar ve korneanın kalınlık haritalarını verir (11).

Tablo 6. Günümüzde yaygın olarak kullanılan bazı korneal tomografi görüntüleme cihazları

Teknoloji	**Işık kaynağı (Dalga boyu)**	**Örnek Tomografiler**
Tarayıcı kesit	Beyaz flaş ışığı	Orbscan II (Bausch&Lomb)
Scheimpflug görüntüleme	mavi-ışık emici diod (470–475 nm)	Sirius+* (CSO) Scansys (Mediworks) Pentacam (Oculus) Galilei * (Ziemer)
OKT	süperluminesan diod lazer (830–845 nm)	MS-39* (CSO) Revo (Optopol)
Swept Source-OKT	Uzun dalya boyu ile hızlı ayarlanmış lazer (1310 nm)	Anterion (Heidelberg Engineering) CasiaSS-1000/Casia2 (Tomey) Visante OMNI* (Zeiss)

* Hem korneal topografi hem korneal tomografi görüntüleri elde edilebilen cihazları belirtmektedir.
Kaynak: Kanclerz ve arkadaşlarından (59)

2.3.2.1. Tarayıcı Slit Tomografi

Tarayıcı slit tomografi korneanın şekil ve kalınlığını ölçmek için korneanın hem ön hem de arka yüzeyinden yansıyan ışık demetlerini kullanır.

Orbscan IIz (Bausch&Lomb, Rochester, NY, ABD) cihazı, günümüzde kullanılmamakla birlikte, piyasaya sürülen ilk hibrit tomografi cihazıdır. Placido halka teknolojisi ile geleneksel korneal topografi verileri elde edilebilirken tarayıcı slit teknolojisi ile kornea kalınlığı belirlenebilmektedir (62).

2.3.2.2. Scheimpflug Tomografi

Scheimpflug tomografi sistemi, Scheimpflug görüntüleme yöntemi kullanılarak ön segmentin sagital kesitler halinde görüntülenmesine dayanmaktadır. Odak derinliği arttığından kornea, ön kamara ve lensin aynı anda görüntülenmesi sağlanabilmektedir (63).

Pentacam (Oculus, Wetzlar, Almanya) cihazı Scheimpflug görüntüleme yöntemini kullanan bir cihazdır. 2 saniye içerisinde göz çevresinde 180 derece döner,

her iki kornea yüzeyinde 50 görüntü elde edilir ve korneanın 3 boyutlu görüntülemesini elde edebilmek için 138.000 yükseklik noktası değerlendirilir (63).

Sirius (Costruzione Strumenti Oftalmici, Florensa, İtalya) cihazı Placido halka teknolojisi ile Scheimpflug görüntüleme yöntemini kombine eden hibrit bir cihazdır. 1 saniyeden kısa bir sürede 25 Scheimpflug görüntüsü ve 1 keratoskopik ölçüm elde edilir (63).

2.3.2.3. Optik Koherans Tomografi

Optik koherans tomografi (OKT) sistemleri, düşük koherans interferometre kullanılarak geri saçılan veya geri yansıyan ışığın mekanik olarak taranan optik referans yolak ile yansıma zamanı gecikmesi ölçülerek analiz sonuçları edilmesi esasına dayanmaktadır (59).

OKT cihazları Fourier-Domain (FD-OKT) ve Time-Domain (TD-OKT) olarak sınıflandırılabilir. TD-OKT cihazlarında kullanılan referans ayna sabit bir hızla hareket ederken, FD-OKT cihazlarında referans ayna sabittir ve bu sayede taranan tüm alanın görüntüsü eş zamanlı olarak elde edilebilmektedir. TD-OKT ile karşılaştırıldığında FD-OKT ile daha hızlı tarama hızı, daha az hareket artefaktı ve daha yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edebilirken; görüntülenen alan daha küçüktür (64).

Ön Segment OKT cihazları oküler yüzeyin ve göz yaşı film tabakasının detaylı analizi; cerrahi sonuçları iyileştirebilecek preoperatif, intraoperatif ve post operatif kornea değerlendirilmesi; korneanın enfeksiyöz, ektatik, distrofik, dejeneratif pek çok hastalığının tanı ve izlemi; oküler yüzey tümörlerinin tanı ve izlemi; glokom tanısı için açı analizi; aköz dışa akımının değerlendirilmesi; ön segmentin vasküler beslenmesi gibi pek çok ön segment patolojisinde klinik pratikte sıklıkla kullanılan hızlı, invaziv olmayan, in vivo görüntüleme yöntemleridir (64).

Piyasaya ilk sürülen Ön Segment-OKT cihazı bir TD-OKT olan 2005 yılında FDA tarafından onaylanan Visante (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA) cihazı idi. 1310 nm dalga boyunda infrared ışık kullanmaktaydı ve ön segmentten en fazla 4 radyal çapraz kesitli simültane tarama görüntüsü elde edebilmekteydi (65). Kornea

haritalamalarının elde edilebilmesi için daha sonraları Placido halka teknolojisi ile kombine edildi (Visante Omni) (66).

Tablo 7. Piyasada bulunan Ön Segment-OKT cihazlarının özellikleri

OKT cihazı	Firma	Optik Kaynağı	Aksiyel Çözünürlük (µm)	Transvers Çözünürlük (µm)	Tarama hızı (A-scan/sn)	Tarama Derinliği (mm)	Maksimum kesit genişliği (mm)
Visante OKT	Zeiss, Dublin,CA	SLD 1310 nm	18	60	2000	6	16
Slit Lamba OKT	Heidelberg, Heidelberg,Germany	SLD 1310 nm	<25	20-100	200	7	15
Cirrus OKT	Zeiss, Dublin,CA	SLD 840 nm	5	15	27.000	2	6
Spectralis OKT	Heidelberg, Heidelberg,Germany	SLD 820 nm	7	20	40.000	2	6
Optovue iVue	Optovue, Fremont,CA	SLD 840 nm	5	15	26.000	2-2,3	13
Nidek RS 3000	Nidek, Gamagori,Japan	SLD 880 nm	7	15	53.000	2	8
Revo NX	Optopol, Zawiercie,Poland	SLD 830 nm	5	18	110.000	2,4	16
Triton OKT	Topcon, Tokyo, Japan	SSlaser 1310 nm	8	30	100.000	6	12
CASIA SS-1000 OKT	Tomey, Nagoya, Japan	SSlaser 1310 nm	10	30	30.000	6	16

SLD–Super luminescent Diode; SS–Swept source.
Kaynak: Ang ve arkadaşlarından (64)

RTVue (Optovue, Fremont, CA) FD-OKT cihazı saniyede 26.000 aksiyel kesit elde edebilmektedir. 8 meridyenden oluşan 6 mm'lik kesitlerde korneanın ön ve arka kurvatürü hakkında bilgiler vermektedir. Aynı zamanda Gaussian optik formülünü kullanarak net kornea gücünü hesaplayabilmektedir (67). Total korneal kurvatür bilgisi, korneal ve epitelyal kalınlık haritalarını verebilirken; hassas korneal güç haritalarını verememektedir (68).

Scheimpflug tomografinin esas kısıtlılıklarından biri düşük çözünürlük ve kötü görüntü kalitesidir; OKT cihazları ise belirgin farkla yüksek çözünürlükle daha kaliteleri görüntüler elde edebilmektedir (69).

Yalnızca kornea yüzey morfolojisini sunabilen korneal topografiden farklı olarak keratokonus gibi hastalıklarda epiteldeki lokal incelme alanlarını veya korneal skar gibi durumlarda epiteldeki kalınlaşma alanlarını görüntüleyebilmesi açısından OKT cihazları daha avantajlıdır (12).

2.3.3. Kornea Haritaları

2.3.3.1. Korneal Güç Haritaları

Normal korneanın kırma gücü santralden perifere doğru düzenli dağılmakla birlikte, periferde ve nazalde kornea düzleşmektedir. Sağ ve sol gözün topografi haritaları birbirinin ayna görüntüsü şeklindedir (70).

Bölgesel kornea diyoptrik güç değerleri renk kodlu topografik haritalarla gösterilebilmektedir. Sıcak renkler yüksek diyoptrik güçleri (daha dik kurvatürleri) temsil etmekteyken soğuk renkler düşük diyoptrik güçleri (daha düz kurvatürleri) temsil etmektedir (71).

2.3.3.1.1. Aksiyel Güç Haritası

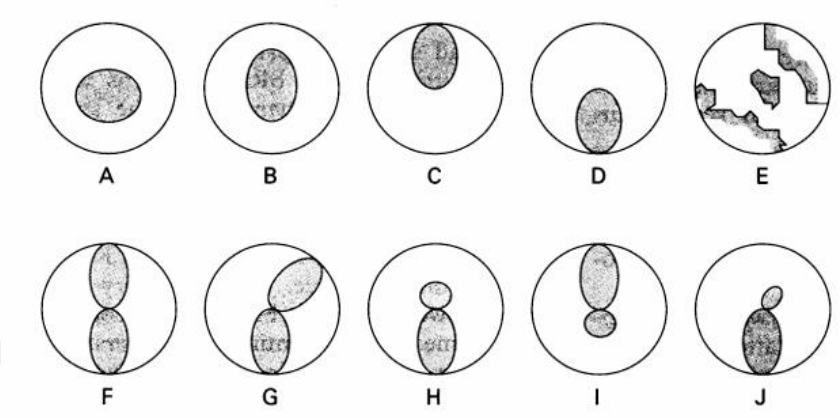
Aksiyel güç haritası korneal topografik verileri göstermek için kullanılan ilk standart yöntemdir. Tanı ve tarama amaçlı klinikte en sık kullanılan yöntemdir. Keratometriye benzer şekilde korneanın sferik olduğu varsayılarak kurvatür yarıçapları hesaplanır. Normalde kornea perifere doğru düzleşmektedir, bu nedenle aksiyel güç haritalarının doğruluğu perifere gidildikçe azalmaktadır (62).

2.3.3.1.2. Tanjansiyel Güç Haritası

Aksiyel güç haritasında referans noktası olarak kornea apeksi kullanılırken, tanjansiyel güç haritasında referans noktası olarak kurvatürü değerlendirilecek nokta kullanılmaktadır. Korneal asferisiteyi dikkate aldığından periferik korneal kurvatür hakkında daha doğru sonuç vermektedir (72).

2.3.3.1.3. Normal Kornea Paternleri

Rabinowitz ve arkadaşları normal gözlerde aksiyel güç haritalarını kullanarak 10 farklı patern şekli tanımlamışlardır (73).



Şekil 2. Korneal Topografik Patern Sınıflandırması

A.Yuvarlak
B. Oval
C.Superior dik (SS: Superior Steepening)
D.İnferior dik (IS: Inferior Steepening)
E.İrregüler
F.Simetrik papyon (SB: Symmetric Bowtie)
G.Radyal aksı eğri simetrik papyon (SB/SRAX: Symmetric Bowtie/Skewed Radial Axis)
H.İnferioru dik olan Asimetrik papyon (AB/IS: Asymmetric Bowtie/Inferior Steepening)
I.Superioru dik olan Asimetrik papyon (AB/SS: Asymmetric Bowtie/Superior Steepening)
J.Radyal aksı eğri asimetrik papyon (AB/SRAX: Asymmetric Bowtie/Skewed Radial Axis)
Kaynak: Rabinowitz ve arkadaşlarından (73)

Bu paternlerin normal bireylerde görülme oranları:

-yuvarlak konlar %25,1,

-oval konlar %20,8,

-simetrik papyon %20,3,

-inferior diklik %12,1,

-inferioru dik olan asimetrik papyon %7,4,

-irregüler %5,9,

-superior diklik %4,1,

-superioru dik olan asimetrik papyon %2,3,

-radyal aksı eğri olan simetrik papyon %1,5,

-radyal aksı eğri olan asimetrik papyon %0,5 olarak bildirilmiştir. (72)

2.3.3.2. Kornea Elevasyon Haritaları

Elevasyon haritaları kornea yüzeyi ve belirlenen referans yüzey arasındaki yükseklik farkını vermektedir. Belirlenen referans yüzey genellikle küredir, bu nedenle "Best-fit sphere (BFS)" (En uygun küre) şeklinde adlandırılmaktadır. Best-fit asferik (BFA) ve Best-fit torik asferik (BFTA) referans yüzeyler de kullanılabilmektedir. Referans yüzeyin üzerinde kalan bölgeler kırmızı gibi sıcak renklerle, altında kalan bölgeler mavi gibi soğuk renklerle temsil edilmektedir (63).

2.3.3.3. Kornea Kalınlık Haritaları

Pakimetrik haritalar kornea kalınlıklarının tüm bölgelerdeki dağılımını göstermektedir. Tarayıcı slit tabanlı ve Scheimpflug tabanlı cihazlar da dahil olmak üzere tüm korneal tomografi cihazları ile elde edilebilmektedir. Sıcak renkler daha ince alanları, soğuk renkler daha kalın alanları temsil etmektedir (63).

2.3.4. Keratokonus Tanısında Topografi ve Tomografi

Keratokonus erken evrelerinde genellikle semptomlara neden olmadığı için spesifik topografik ve tomografik testler yapılmazsa gözden kaçabilmektedir. Önceden tespit edilememiş erken evre keratokonus, refraktif cerrahi sonrası gelişen ektaziler için en önemli risk faktörüdür. Ayrıca korneal çapraz bağlama gibi progresyonu önleyici tedavileri erken aşamalarda uygulayabilmek için keratokonusun olabildiğince erken tespit edilmesi önemlidir. Bu nedenle henüz muayene bulguları ortaya çıkmadan keratokonusu erken evrelerinde yakalayabilmek için korneal topografi ve tomografi cihazlarından yararlanmaktayız (2).

Refraktif cerrahi öncesi hastaların rutin değerlendirilmesinde erken keratokonus işareti olabilecek anormalliklerin belirlenmesinde zorluklarla karşılaşılmaktadır (2). Bu problem literatürde erken, şüpheli veya FFK açısından belirli bir konsensus olmadığından daha da karmaşık hale gelmektedir (74, 75).

Tek taraflı keratokonus tespit edilen hastaların her iki gözü de aynı genetik altyapıya sahip olduğundan henüz klinik bulgular ortaya çıkmamış olsa da daha az etkilenmiş olan gözde de keratokonus olduğu söylenebilir. Bir gözünde keratokonus

tanısı olan hastanın, diğer gözünde klinik bulguları olmasa da topografi bulgularının keratokonus şüphesi göstermesine "Forme Fruste Keratokonus" (FFK) denir (74).

"Keratokonus şüphesi" terimi ise her iki gözünde de belirgin keratokonus bulguları olmayan, her iki gözde veya bir gözde kornea topografisinde şüpheli değişiklikler gözlemlenen kornealar için kullanılmaktadır (74).

Keratokonus ve ektatik hastalıklarla ilgili 2015'te yayınlanan global konsensusa göre keratokonus tanısı koymak için kurvatür haritası, posterior elevasyon ve kornea kalınlığının anormal dağılımı en sık kullanılan parametrelerdir (2).

Kornea kalınlık haritasının normal şekli simetrik ve konsantriktir. Kornea kalınlığı santralden perifere doğru kademeli olarak artmaktadır. Daha önce yapılan pek çok çalışmada keratokonuslu korneaların normal kornealara kıyasla anlamlı olarak daha ince olduğu gösterilmiştir. Kornea pakimetri haritasında korneanın ince olarak belirlenmesi dışında pakimetri haritasındaki verilerin dağılımı da patolojilerin belirlenmesinde önemli bir indikatördür. En ince bölgenin yer değiştirmesi genelde keratokonusta olur ve anterior veya posterior kornea yüzey değişikliklerinden önce meydana gelebilmektedir. Periferal ve santral kornea kalınlıkları arasındaki farkın da keratokonuslu kornealarda normal kornealara kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir (76,77).

Anterior ve posterior elevasyon haritaları keratokonuslu gözlerin normal gözlerden ayrımında ve keratokonusun şiddetinin belirlenmesinde kurvatür haritaları ile birlikte kullanılmaktadır (78,79). Keratokonusun erken tanısında posterior korneanın değerlendirilmesi oldukça önemlidir çünkü epitel kompansasyonu anterior yüzeydeki koni oluşumunu gizleyebilmektedir (4). Fakat elevasyon haritaları değerlendirilirken kullanılacak referans yüzey hakkında anlaşma sağlanamamıştır. Posterior elevasyon haritaları değerlendirilirken kullanılan asferik ve asferotorik referans yüzeyler, sferik referans yüzeyinden daha sensitif bulunmuştur. Bu referans yüzeyleri ile değerlendirildiğinde posterior elevasyon değerleri de anterior elevasyon değerlerinden daha sensitif ve spesifik bulunmuştur. Posterior yüzey değerlerinin avantajlarından biri de göz yaşı film tabakası düzensizliklerinden etkilenmemesidir.

Keratokonus taramalarında asferotorik referans yüzey kullanılması önerilmektedir. FFK tanısında posterior elevasyon verilerinin yararlı olduğu gösterilmiştir (80).

Korneal warpage korneanın şeklinde kontakt lens kullanımına bağlı olarak meydana gelen geçici değişikliklerdir, ektatik hastalardan ayrımının yapılması önemlidir. Kontakt lensin kornea epitelinde neden olduğu mekanik ve metabolik değişiklikler nedeniyle meydana geldiği düşünülmektedir. Korneal warpage'da ektatik hastalıklardan farklı olarak progresif incelme ve elevasyon izlenmez. Kontakt lens kullanımı bırakılınca topografik bulgular düzelmektedir (81).

Scheimpflug tabanlı tomografilerde kornea saydamlığını bozan ödem, skar, epitel düzensizlikleri gibi durumlarda ölçümde kullanılan ışığın saçılmasına bağlı olarak posterior kornea yüzeyi ve kalınlık değerlerinin güvenilirliği azalmaktadır (82). OKT tabanlı korneal tomografi cihazları 1310 nm gibi yüksek dalga boyuna sahip olduklarından opak dokulara penetrasyonları daha yüksektir, bu cihazlar ile ciddi korneal skar ve ödem durumlarında dahi güvenilir sonuçlar elde edilebilmektedir. Ayrıca OKT tabanlı cihazlarda görüntüleme süresi daha kısa olduğundan hareket artefaktı da daha az gözlenmektedir (83).

İleri evre keratokonusta Bowman tabakasındaki kırılmaların altında stromal skar alanları gelişebilmekte, Bowman tabakasının daha ileri hasarında akut hidropsa bağlı kornea ödemi ve geç dönemde ciddi skar oluşumu meydana gelebilmektedir (32). OKT cihazı ile tespit edilebilen epitel kalınlaşması, Bowman tabakasında anterior hiperreflektivite ve kon bölgesinde stromal incelme alanı korneal hidrops komplikasyonu için artmış risk bulgularıdır (5).

Ön segment OKT ile elde edilen 5 parametre ile hastalar keratokonus açısından değerlendirilebilir:

1) I-S: İnferior yarının ortalama kalınlığı ile superior yarının ortalama kalınlığı arasındaki farkı verir, korneal asimetri hakkında fikir vermektedir.
2) IT-SN: İnferotemporal parçanın ortalama kalınlığı ile superonazal parçanın ortalama kalınlığı arasındaki farkı verir.

3) Minimum: En ince kornea kalınlık değerini verir.
4) Minimum-Median: En ince kornea kalınlığı ile kornea kalınlık genel yayılımı arasındaki farkı verir, fokal ve global pakimetrik incelme ayrımında oldukça yararlıdır.
5) Minimum kornea kalınlığı noktasının vertikal lokasyonu: Korneal verteksin superiorunda kalan noktalar pozitif değer alırken, korneal verteksin inferiorunda kalan noktalar negatif değer almaktadır (84).

2.3.4.1. Pentacam Tomografi Cihazı

Pentacam (Oculus, Wetzlar, Almanya) cihazındaki yazılım ile değerlendirilen Belin/Amrobrosio Enhanced Ectasia Display (BAD) ekranı refraktif cerrahi öncesi değerlendirmede ektazi riski olan anormal korneaları belirlemek için kullanılmaktadır. Anterior ve posterior elevasyon, pakimetri haritalaması, ERS (Enhanced Reference Surface-Geliştirilmiş referans yüzey) ve BFS gibi değerleri normatif verilerle kapsamlı olarak karşılaştırmaktadır. Bu karşılaştırma sonucunda ektatik hastalık için prediktif bir değer olan D-değeri elde edilmektedir. Bu yazılımın 2012'de geliştirilen BAD III versiyonu, regresyon analizi ile 9 tomografik parametreyi değerlendirmektedir.

Bunlar:
-En ince noktadaki anterior elevasyon
-En ince noktadaki posterior elevasyon
-Anterior elevasyondaki değişim
-Posterior elevasyondaki değişim
-En ince noktadaki kornea kalınlığı
-En ince noktanın vertikal yer değiştirmesi
-Pakimetrik progresyon
-Ambrosio'nun ilişkisel kalınlığı (en ince kornea kalınlığının maksimum progresyon indeksine oranı)
-Maksimum keratometri'dir.

Bu yazılım programı parametreleri analiz ederek ektatik değişiklikler açısından riskli hastaları belirler. BAD-D değerinin 2,1'den yüksek olması ektazi açısından

şüpheli bir kornea olduğunu göstermektedir. Refraktif cerrahi öncesi ektatik hastalıkların taranması açısından hızlı ve etkili bir sonuç verir. Yapılan bir çalışmada D-değerinin 1,88 olması durumunda yanlış pozitiflik oranının %2,5; keratokonik korneaları belirleyebilme oranının %99 olduğu bulunmuştur (85,86).

2.3.4.2. Orbscan II Tomografi Cihazı

SCORE (Screening Corneal Objective Risk of Ectasia), Orbscan IIz cihazı ile elde edilen tomografik indeksler kullanarak oluşturulmuş bir yapay zekâ sistemidir.

-Maksimum posterior elevasyon
-En ince noktadaki kornea kalınlığı
-En ince noktanın santralden vertikal uzaklığı
-Ortalama santral kornea kalınlığı ile en ince kornea kalınlığı arasındaki fark
-Optik yüzey irregüleritesi
-İnferior ve superior hemisflerler arasındaki keratometri farkı

Yukarıda belirtilen indekslerin değerlendirilmesi ile elde edilen sonuç değer pozitif ise (>0) şüpheli veya keratokonuslu kornea, negatif ise (<0) normal kornea şeklinde yorumlanmaktadır (87).

2.3.4.3. Sirius Tomografi Cihazı

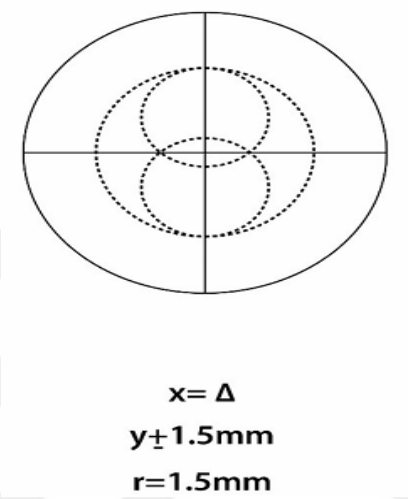
2.3.4.3.1. Topografi şekil indeksleri: (88)

1) Root Mean Square (RMS): Düzenlilikten sapma/kornea yüzeyinin aberrasyonları olarak tanımlanır. BFTA yüzey referans alınmaktadır. RMS/A, RMS değerinin alan başına oranını vermektedir. Belli bir alanda RMS değerinin düşük olması kornea yüzeyinin düzenli olduğunu, yüksek olması düzensiz kornea yüzeyini göstermektedir.

RMSf/A (µm/ mm²) korneanın ön yani anterior yüzeyinden hesaplanmaktadır. Keratokonus şüphesinde, "cut-off" değeri 0,088; keratokonusta 0,13'tür.

RMSb/A (µm/ mm²) korneanın arka yani posterior yüzeyinden hesaplanmaktadır.

2) Simetri İndeksi (SI): Kurvatürün simetri indeksi vertikal olarak inferior ve süperiorda belirlenen 2 sirküler bölgenin diyoptri bazında ortalama anterior tanjansiyal kurvatür farkı olarak tanımlanır. İki sirküler bölge merkezi (x=0 mm, y=+/-1,5 mm) ve çapları 1,5 mm olacak şekilde belirlenmektedir.



Şekil 3. Simetri İndeksi Analizi prensibi

Doctor ve arkadaşlarından (88)
Kaynak: (88)

SIf (Symmetry Index front) vertikal asimetriyi ölçen bir indekstir. Pozitif değerler inferior hemisferin süperior hemisferden daha dik olduğunu, tam tersi negatif değerler ise süperior hemisferin inferior hemisferden daha dik olduğunu belirtmektedir.

SIb (Symmetry Index back) indeksi de diyoptri şeklinde ifade edilmektedir. Hava-stroma geçişi sebebiyle ters işaretli olmasına rağmen SIf ile karşılaştırılabilirliğinin korunması açısından işareti değiştirilmiştir.

3) Keratokonus Verteks Ön ve Arka (KVf ve KVb), Ön ve Arka verteksin tepe noktası: Sırasıyla ön ve arka kornea yüzeyinin ön ve arka elevasyon haritalarındaki en yüksek noktasını belirtmektedir.

4) Baiocchi-Calossi-Versaci Ön ve Arka İndeksi (BCVf) and (BCVb): Keratokonusun istatiksel olarak ortaya çıktığı bölgelerde Zernike'nin koma, trefoil ve sferik aberrasyon bileşenlerinin ortalamasının analizi ile hesap edilmektedir. Ektazinin istatiksel olarak genelde infero-temporal yönde gelişmesi ve genel olarak koma, trefoil ve sferik aberrasyon şeklinde ortaya çıktığı varsayımına dayanmaktadır. BCV indeksi veya vektöriyel BCV indeksi BCVf ve BCVb'nin vektöriyel toplamıdır.

Sirius cihazında SIb, BCVf ve 8 mm RMSb/A (her biri için %100) indekslerinin keratokonus tanısında oldukça spesifik olduğu gösterilmiştir. SIf (%29,7) indeksi subklinik keratokonuslu korneaları kontrol grubundan ayırmakta oldukça sensitif bulunmuştur. SIb (%100) indeksi subklinik vakaların tanısında en spesifik indeks olarak tespit edilmiştir (88).

Pentacam, Galilei ve Sirius cihazlarının parametreleri karşılaştırıldığında; Pentacam cihazının BAD-D ve ISV (Inferior-Superior Value) indekslerinin, Sirius cihazındaki 4,5 mm'deki RMSb/A indeksinin, Galilei cihazındaki KPI (Keratoconus Prediction Index) ve Kprob (Keratoconus probability) indekslerinin istatistiksel olarak benzer olduğu gösterilmiştir. Her 3 topografi cihazı ile elde edilen indekslerin keratokonuslu korneaların normal kornealardan ayrımında etkili olduğu gösterilmiştir. Fakat subklinik keratokonusun normal kornealardan ayrımında yeni "cut-off" değerlerinin gerekebileceği düşünülmektedir (89).

Pentacam cihazında BAD-D indeksini hesaplayan yazılım dahil ettiği 9 parametre içerisinde aksiyal kurvatürdeki vertikal asimetriyi değerlendiren bir parametre bulunmamaktadır. Bunun nedenlerinden biri cihazla çekim esnasındaki minimal eksantrik fiksasyonların bile asimetriye neden olabileceğidir. Sirius cihazı keratokonus tanısında bu asimetriyi SIf indeksi ile değerlendirmektedir. Günümüz pratiğinde kullanılan topografi cihazları arasında farklılıklar bulunmaktadır. Ayrıca topografi cihazlarının yazılım programları tarafından verilen keratokonus değerlendirme sonuçları klinik pratikte kullanılırken klinisyenin değerlendirmesi de mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır (88).

2.3.5. Keratokonus Tanısında Kornea Epiteli Haritalaması

Normal gözlerde kornea verteksindeki epitel kalınlığı 53,4±4,6 μm olarak bulunmuştur. Ve yine aynı çalışmada epitel kalınlığı inferiorda superiora göre ve nazalde temporale göre daha kalın olarak bulunmuştur (90).

Yüksek çözünürlüklü görüntüleme yapabilmesi sayesinde OKT tabanlı tomografiler ön ve arka yüzey profiliyle birlikte epitel ve stroma kalınlığının analizini de yapabilmektedir. OKT ile elde edilebilen superior ve inferior epitel kalınlık farkı, Minimum ve Maksimum epitel kalınlıkları arasındaki fark, MSD (Mean Standart Deviation, Ortalama Standart Deviasyon) ve PSD (Patern Standart Deviasyon) verileri değerlendirildiğinde keratokonuslu gözlerde anlamlı farklılık izlenmiştir. Bunlardan en sensitif olanı epitel PSD değeridir. "Cut-off" değeri 0,057 olarak kabul edildiğinde tek başına PSD parametresinin spesifite ve sensitivitesi %100'dür (6).

Keratokonus hastalığında patolojik değişikliklerin erken safhalarda epitel, Bowman tabakası ve anterior stroma gibi korneanın ön tabakalarında olduğu; başlangıçta arka tabakaların etkilenmediği düşünülmektedir (91). Kornea epitelinin speküler mikroskopisi özellikle konüsün apeksindeki yüzeyel epitel hücrelerin genişlediğini ve uzadığını göstermiştir (92). Keratokonusta en erken tespit edilebilen değişiklikler bazal epitel tabakasında meydana gelmektedir (93). Bazal epitel hücrelerindeki erken dejenerasyonu epitel bazal membranındaki kırılmalar izlemektedir. Epiteldeki bu kırılmalar Bowman tabakasının içine doğru posterior epitel büyümesine neden olurken, epitelin içine doğru anterior kolajen büyümesine neden olmaktadır. Bowman tabakasında Z şeklinde kesintilere neden olan bu durum keratokonus için tipiktir (94).

Optik yüzeyi korumak amacıyla kornea epitelinin lokal eleve ve deprese kornea alanlarını maskelediği bilinmektedir (90). Keratokonusta bu durum kornea apeksi üzerinde belirgin kornea epiteli incelmesi ve apeks çevresinde epitel kalınlaşması şeklinde görülmektedir (3).

Yapılan çalışmalar altta yatan stromal bozukluklara bağlı olarak kornea epitelinin yeniden şekillendiğini göstermiştir (7). Keratokonusun erken safhalarında

apeksteki bölgesel dikleşme, eşlik eden kornea epitelinin incelmesi ile kompanse edilmeye çalışılmaktadır (5,6,7,79).

Korneal warpage ile keratokonus ayrımında da epitel haritası önemli bilgiler sağlamaktadır. Keratokonusta en dik bölgede fokal epitel incelmesi görülürken, warpage'da fokal epitel kalınlaşması görülmektedir. Kontakt lens bırakıldıktan sonra epitel kalınlığı normale dönmektedir (95).

Reinstein ve arkadaşları, VHF US (Very High Frequency Ultrasound,çok yüksek frekanslı ultrason) cihazı ile çıkardıkları epitel kalınlık profilleri ve haritaları ile keratokonik kornealarda kon bölgesindeki epitelyal incelmeyi ve çevresindeki epitelyal kalınlaşmayı göstermişlerdir (90). Bu keratokonik kornealardaki epitel kalınlık paterni daha sonra pek çok çalışmada da tespit edilmiştir (96). Temstet ve arkadaşları, en ince kornea bölgesindeki epitel kalınlığının FFK tanısında kullanılabileceğini ama tek başına tanıda yeterli olmayacağını belirtmişlerdir (97).

Gatinel ve arkadaşları, PRK (PhotoRefractive Keratectomy) operasyonunda epitel soyulmadan önce ve epitel soyulduktan sonraki topografik verileri karşılaştırdıkları bir çalışmada kornea prolatlığının, irregüleritesinin ve torisitesinin epitel soyulduktan sonra arttığını tespit etmişlerdir. Bu durum kornea epitelinin erken keratokonus hastalarında yeniden şekillenerek ön yüzeydeki erken topografik değişiklikleri maskelediği görüşünü desteklemektedir. Epitel soyulduktan sonraki anlamlı anterior elevasyon ve korneal kurvatür değişimleri erken evre keratokonustaki anterior değişimlerin epitel tarafından kompanse edildiğini göstermektedir (98). Kornea epiteli kornea posterior yüzey değişikliklerini kompanse edemediğinden posterior elevasyon anterior elevasyona göre erken keratokonus tanısında daha değerlidir. Erken evre keratokonus bulguları gösteren kornealardaki anterior ve posterior elevasyon değerleri arasındaki fark epitelyal remodeling ile açıklanabilir (99, 100).

Kornea epitelinin özellikle anteriordaki ektatik değişiklikleri kompanse etmesi ile posterior elevasyon değişiklikleri erken keratokonus tanısında önemli olmakla birlikte posterior elevasyonun nedeni olabilecek pek çok durum olabilmektedir. Bu

gibi durumlarda posterior elevasyon haritasının kornea epitel haritası ile birlikte değerlendirilmesi keratokonusun erken tanısında oldukça değerlidir. Kornea apeksindeki epitel incelmesi ve çevresindeki halka şeklinde epitel kalınlaşması olarak tanımlanan "donut paterni" erken keratokonus vakalarının tespitinde faydalıdır. Topografik dikleşme görülen bir kornea bölgesinde epitel kalınlaşması eşlik ediyorsa bu dikleşmenin ektatik değişikliklerden kaynaklanmadığı söylenebilir (101).

Reinstein ve arkadaşlarının LASIK (Laser-Asisted in Situ Keratomileusis) adayı hastalarda yaptığı bir çalışmada keratokonus şüphesi olan gözlerin BFS'e göre posterior elevasyon haritasında eksantrik posterior elevasyon olan bölgedeki epitel kalınlık profili değerlendirilerek korneaların LASIK'e uygunluğu belirlenmiş. Bu hastaların 1 yıllık takiplerinde postoperatif ektazi açısından şüpheli bulgular izlenmemiş. Topografik olarak şüphelenilen kon bölgesine eşlik eden lokalize epitel incelme alanı görülmemesi, keratokonus şüpheli olan kornealarda keratokonus hastalığının ekartasyonu için önemli bir kriter olarak değerlendirilebilir (102).

Yine epitel kalınlığı haritasından elde edilen parametreler değerlendirilerek keratokonus hastalığının şiddeti hakkında bilgi edinilebilmektedir. En dik keratometri değeri ile en ince kornea epitel kalınlığı, en kalın kornea epitel kalınlığı, en ince ve en kalın epitel kalınlığı arasındaki fark arasında anlamlı korelasyon saptanmıştır. Bu da daha dik olan kornealarda donut paternindeki apeks üzerindeki epitelin daha ince, apeks çevresindeki anüler hat üzerindeki epitelin de daha kalın olduğunu göstermektedir. En ince epitel kalınlığı, en ince ve en kalın epitel kalınlığı arasındaki fark, en kalın epitel kalınlığı parametreleri keratokonus progresyonunun izlenmesi ve keratokonus hastalığının şiddetinin belirlenmesinde kullanılabilir (7).

Donut paternine neden olan korneal apeks üzerindeki epitel incelmesinin göz kapağı ile ilk ve en çok temas eden, sürtünmeye maruz kalan kısım olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı mekanizma ile apeksin etrafındaki halka şeklindeki epitel alanı kalınlaşmasının göz kapağı temasından uzak tepenin eteklerindeki vadiler gibi oluştuğu düşünülmektedir (7).

Literatürde yapılan diğer çalışmalar da Reinstein ve arkadaşlarının çalışmasını destekler niteliktedir. Keratokonus şiddeti arttıkça epitel kalınlığı incelmekte ve superior inferior epitel kalınlığı arasındaki fark artmaktadır (6). Keratokonuslu korneaların epitel kalınlığı normal kornealarla karşılaştırıldığında santral ve inferiorda kornea epitel kalınlığının, superiora göre daha ince olduğu; superior inferior arasındaki kornea epitel kalınlığı arasındaki farkın normal gözlere göre daha fazla olduğu bulunmuştur (103).

Epitel, stroma ve total kornea kalınlıklarının 3 boyutlu haritalamaları keratokonusun erken evrelerde tanınmasında oldukça faydalıdır (12).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Retrospektif klinik çalışmada Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi Göz Hastalıkları Kornea biriminde 1 Ocak 2016-1 Mayıs 2023 tarihleri arasında keratokonus tanısı veya şüphesi ile takip edilen hastaların ve 1 Ocak 2016-1 Mayıs 2023 tarihleri arasında ilk defa kontakt lens kullanmak için Kontakt Lens birimine başvurmuş olan hastaların dosya verileri, topografi ve tomografi bulguları incelendi. Çalışmaya Etlik Şehir Hastanesi Etik Kurulu'ndan 31 Mayıs 2023 tarihinde alınan onay sonrası (AEŞH-EK1-2023-181 sayılı karar numarası) başlandı ve çalışma süresince Helsinki bildirgesi ilkelerine bağlı kalındı.

3.1. ÇALIŞMANIN POPÜLASYONU

3.1.1. Çalışma Kapsamına Dahil Edilen Olgular

Kliniğimizde Kornea ve Kontakt Lens birimine başvuran her hastanın ayrıntılı refraksiyon muayenesi yapılmıştır. Görme keskinliği değerleri hasta dosyalarına kaydedilmiştir. Hastaların biyomikroskopik ön ve arka segment muayeneleri de her vizitte yapılmış olup dosyalara kaydedilmiştir. Hastalara aynı vizitte Sirius (CSO, Florensa, İtalya) cihazı ve RTVue (OptoVue, Fremont, CA) OKT cihazının kornea uyarlayıcı lensi ile tetkikler çekilmiştir.

Çalışma 1 Ocak 2016-1 Mayıs 2023 tarihleri arasında Kornea ve Kontakt Lens biriminde değerlendirilmiş olan bu hastaların topografi ve tomografi cihazları ile elde edilen verilerinin retrospektif olarak taranması ile oluşturulmuştur. Kontakt Lens birimine ilk defa kontakt lens kullanmak için başvuran hastalar çalışmanın kontrol grubunu oluşturmaktadır.

Kornea biriminde keratokonus tanısı veya şüphesi ile takip edilen hastalar ve kontrol grubundaki hastalar Sirius cihazı (CSO, Florensa, İtalya) ile elde edilen verilerin Phoenix (v.2.6) yazılımındaki yapay zekâ algoritmasının keratokonus tarama bölümündeki sınıflandırmaya göre 4 gruba ayrılmıştır:

1. Her iki gözü Keratokonus uyumlu (Keratoconus compatible)
2. Bir gözü Keratokonus uyumlu diğer gözü Keratokonus şüpheli (Forme Fruste Keratokonus)
3. Her iki gözü Keratoconus şüpheli (Keratoconus suspect)
4. Her iki gözü normal (Kontrol grubu) olarak sınıflandırılan hastalar

2.gruptaki hastaların keratokonus uyumlu olarak sınıflandırılan gözleri 1.gruptaki hastalarla birlikte değerlendirilmiş olup keratokonus şüpheli olarak sınıflandırılan gözleri Forme Fruste Keratokonus olarak değerlendirmeye alınmıştır.

3.1.2. Çalışma Kapsamı Dışında Bırakılan Olgular

Çalışmaya bilinen korneal çapraz bağlama operasyonu, refraktif cerrahi veya başka bir oküler cerrahi öyküsü olan; oküler travma öyküsü olan; korneal skarı olan; devamlı kullanmakta olduğu topikal ilaç olan (suni göz yaşı preperatları dahil); oküler inflamasyon, aktif alerjik konjonktivit, kuru göz gibi aktif oküler yüzey hastalığı bulguları olan; tetkikler esnasında gebe olan veya emziren; yumuşak, sert veya hibrit kontakt lens kullanmakta olan; tetkik ve mikroskobik muayeneye koopere olamayan hastalar dahil edilmemiştir.

3.2. VERİ TOPLAMA

3.2.1. Scheimpflug Tabanlı Kornea Tomografi Cihazı ile Veri Toplama

Scheimpflug tabanlı korneal topografi ve tomografi verilerini elde etmek amacıyla kliniğimizde Sirius cihazı (CSO, Florensa, İtalya) kullanılmıştır. Tetkikler cihazı kullanmak üzere eğitim almış, hastalığın tanısını bilmeyen kliniğimiz hemşireleri tarafından çekilmiştir.

Hastalara boylarına uygun sandalyelere oturduktan sonra çeneleri cihazdaki çukura, alınları cihazdaki alınlık kısmına dayalı olacak şekilde pozisyon verilmiştir. Hastalardan gözlerini 1 veya 2 defa kırptıktan sonra sabitleme ışığına gözleri mümkün olduğu kadar açık olmak üzere hareketsiz bir şekilde bakmaları istenmiştir. Her çekim

sonrasında çekim kalitesinin yeşil tikli olup olmadığı kontrol edilmiş, gerekli durumlarda çekim tekrarlanmıştır.

Cihaz ile elde edilen görüntülerin ve verilerin değerlendirilmesi için Phoenix (v.2.6) yazılım programından yararlanılmıştır.

Elevasyon haritaları ile veriler elde edilirken referans yüzey olarak BFTA yüzey kullanılmıştır. RMS/f, RMS/b, Anterior ve Posterior Q değerleri 8 mm'lik alanda değerlendirilmiştir.

3.2.1.1. Scheimpflug tabanlı kornea tomografi cihazı ile değerlendirilen veriler

-En ince kornea kalınlığı
-Apeksteki kornea kalınlığı ve apeksin lokasyonu
-Santral kornea kalınlığı (CCT) (Central Corneal Thickness)
-Maksimum keratometri değeri (Kmax)
-Simüle Keratometri değerleri (SimK)
-3, 5, 7 mm'lik alanda Anterior ve Posterior keratometri değerleri
-8 mm'lik alandaki şekil indeksleri (RMS/f, RMS/b, Anterior Q, Posterior Q)
-En ince noktadaki anterior ve posterior elevasyon (Manuel olarak hesaplandı.)
-En dik noktadaki anterior ve posterior elevasyon (Manuel olarak hesaplandı.)
-Anterior ve posterior kurvatür asimetri indeksleri (SIf, SIb)
-Anterior ve posterior kornea yüzeylerindeki en yüksek ektazi noktası (KVf,KVb)
-BCVf, BCVb, BCVt indeksleri

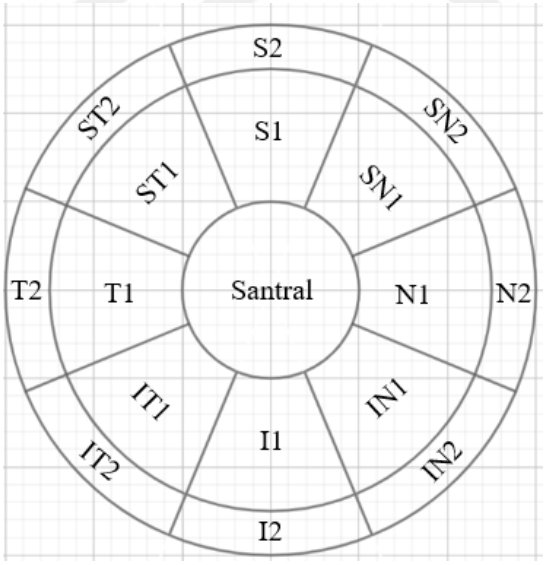
3.2.2. Ön Segment Optik Koherans Tomografi Cihazı ile Veri Toplama

Pakimetri ve epitel haritalarını elde edebilmek amacıyla RTVue (OptoVue, Fremont, CA) OKT cihazının kornea uyarlayıcı lensi kullanılmıştır. Cihazın 6 mm çapında, 8 eksenden oluşan, 1024 aksiyel tarama kesiti ile elde edilen "Pachymetry+Corneal Power" tarama paterninden yararlanılmıştır. Haritalar ve parametreler Avanti OKT yazılımı (RTVue 2018 v.0.04; OptoVue) ile elde edilmiştir.

Tetkikler cihazı kullanmak üzere eğitim almış aynı kliniğimiz hemşireleri tarafından çekilmiş olup Sirius cihazı ile aynı vizitte çekilmiştir.

Hastalara Sirius cihazı ile çekim yapılırken uygulanan aynı prosedürle çekim yapılmaktadır. Her çekim sonrasında çekim kalitesinin "iyi" olup olmadığı kontrol edilmiş ve gerekli durumlarda çekim tekrarlanmıştır.

Harita verileri santral çapı 2 mm'lik çember Santral, superiordaki 1-2.5 mm arasındaki alan S1, 2.5-3 mm arasındaki alan S2; superiotemporaldeki 1-2.5 mm arasındaki alan ST1, 2.5-3 mm arasındaki alan ST2; nazaldeki 1-2.5 mm arasındaki alan N1, 2.5-3 mm arasındaki alan N2; inferotemporaldeki 1-2.5 mm arasındaki alan IT1, 2.5-3 mm arasındaki alan IT2; inferiordaki 1-2.5 mm arasındaki alan I1, 2.5-3 mm arasındaki alan I2; inferonazaldeki 1-2.5 mm arasındaki alan IN1, 2.5-3 mm arasındaki alan IN2; nazaldeki 1-2.5 mm arasındaki alan N1, 2.5-3 mm arasındaki alan N2; superonazaldeki 1-2.5 mm arasındaki alan SN1, 2.5-3 mm arasındaki alan SN2 olacak şekilde 17 farklı bölge harita üzerinde isimlendirilmiştir.



Şekil 4. Haritaların isimlendirilmesi

3.2.2.1. Ön segment optik koherans tomografi cihazı ile değerlendirilen veriler

-Anterior ve posterior kornea kurvatür gücü
-Pakimetri haritasında 2-5 mm'lik alanda SN-IT bölgelerinin kalınlık farkı (SN-IT (2-5 mm))
-Pakimetri haritasında 2-5 mm'lik alanda S-I bölgelerinin kalınlık farkı (S-I (2-5 mm))
-Minimum pakimetri değeri (PakiMin)
-Minimum-Median pakimetri değeri (Min-Med)
-Minimum-Maksimum pakimetri değeri (Min-Max)
-Minimum epitel kalınlığı (EpiMin)
-Maksimum epitel kalınlığı (EpiMax)
-Epitel kalınlığının Standart Deviasyonu (EpiSD)
-Minimum-Maksimum epitel kalınlığı (EpiMin-Max)
-17 farklı bölgedeki pakimetri ve epitel kalınlık değerleri

3.4. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Verilere ilişkin tanımlayıcı istatistikler hesaplanmış ve verilerin dağılımları göz önünde bulundurularak "Aritmetik Ortalama ± Standart Hata" veya "Medyan (Minimum-Maksimum)" şeklinde gösterimde bulunulmuştur.

Hipotez testlerine geçilmeden önce veriler parametrik test varsayımlarından normal dağılıma uygunluk yönünden Shapiro Wilk, varyansların homojenliği yönünden ise Levene testi ile kontrol edilmiştir.

Parametrik test varsayımlarını sağlayan değişkenler için gruplar arası karşılaştırma için tek yönlü varyans (ANOVA) analizi, parametrik test varsayımlarını sağlamayan değişkenler için ise Kruskal Wallis testinden yararlanılmıştır. Anlamlı bulunan farklılıklar için ileri aşama (post-hoc) testi olarak ise Gabriel ve Dunn's testlerinden yararlanılmıştır. Değişkenler arası ilişkinin gücü ve yönünün belirlenmesinde verilerin dağılımı göz önünde bulundurularak Pearson ve Spearman korelasyon katsayılarından yararlanılmıştır.

İki ölçüm yöntemi arası uyumun değerlendirilmesinde Bland Altman grafiksel yaklaşımı kullanılmış, ayrıca Lin's uyum katsayıları hesaplanmıştır.

İstatistiksel değerlendirmelerde $p<0.05$ kriterinden yararlanılmıştır.

Tüm istatistiksel hesaplamalarda Stata 18 paket programından yararlanılmıştır.

4. BULGULAR

Çalışmaya 1 Ocak 2016-1 Mayıs 2023 tarihleri arasında hastanemiz Kornea biriminde keratokonus tanısı veya şüphesi ile takip edilen 148 hastanın 296 gözü dahil edilmiştir. Bu gözlerin 158 tanesi Keratokonus uyumlu, 138 tanesi Keratokonus şüpheli olarak Sirius cihazının Phoenix yazılımı tarafından sınıflandırılmıştır. 138 Keratokonus şüpheli gözün 68 tanesi diğer gözünde keratokonus tanısı olduğundan Forme Fruste Keratokonus (FFK) olarak değerlendirilmiştir. Kontrol grubu olarak 1 Ocak 2016-1 Mayıs 2023 tarihleri arasında ilk defa kontakt lens kullanmak amacıyla hastanemiz Kontakt Lens birimine başvuran 50 hastanın 100 gözü rastgele seçilmiştir. Sonuç olarak çalışmaya toplam 198 hastanın 396 gözü dahil edilmiştir:

1.Grup: Keratokonus uyumlu (KK) (n:158)
2.Grup: Forme Fruste Keratokonus (FFK) (n:68)
3.Grup: Keratokonus şüpheli (KŞ) (n:70)
4.Grup: Kontrol grubu (N) (n:100) olmak üzere 396 gözün verileri 4 grup halinde değerlendirilmiştir.

Çalışmaya dahil edilen hastaların 212'si (%53,5'i) erkek, 184'ü (%46,4'ü) kadındı.

Tablo 8. Cinsiyet dağılımı

	Kadın	
Grup	*n (%)*	**P**
KK (n:158)	76 (%48,1)	0,451
FFK (n:68)	33 (%48,5)	
KŞ (n:70)	30 (%42,8)	
N (n:100)	45 (%45)	

Tablo 9. Yaş dağılımı

Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
KK (n:158)	25.87 ± 0.66	8,3	24 (11-59)	0,309
FFK (n:68)	28.12 ± 1.02	8,4	26.5 (15-59)	
KŞ (n:70)	26.57 ± 0.87	7,28	25 (15-42)	
N (n:100)	26.92 ± 0.89	8,9	26 (13-57)	
Tüm Gruplar	26.65 ± 0.42	8,31	25 (11-59)	

Çalışmaya dahil edilen hastaların yaş ortalamaları incelendiğinde gruplar arasında istatistikler olarak anlamlı fark izlenmedi. Çalışmaya dahil edilen hastaların yaş ortalamaları 26.65 ± 0.42 idi.

4.1. SİRİUS CİHAZI İLE DEĞERLENDİRİLEN VERİLER

Tablo 10. En ince kornea kalınlığının gruplar arası karşılaştırması

Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
KK (n:158)	453.85 ± 3.24 **c**	40,52	455.5 (322-546)	<0.001
FFK (n:68)	460.88 ± 5.82 **bc**	47,97	467.5 (330-551)	
KŞ (n:70)	473.59 ± 4.54 **b**	37,96	470 (392-556)	
N (n:100)	539.07 ± 2.86 **a**	28,58	538.5 (481-621)	

a,b,c: *Aynı sütundaki farklı harfler, istatistiksel açıdan gruplar arası anlamlı farklılığı gösterir (p<0.05)*
SH: *Standart Hata,* ***SS:*** *Standart Sapma,* ***Min:*** *Minimum,* ***Maks.:*** *Maksimum*

Sirius cihazı ile elde edilen en ince kornea kalınlığı verileri değerlendirildiğinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı. KK ve FFK grupları arasında benzer sonuçlar elde edildi. Yine FFK ve KŞ grupları da en ince kornea kalınlığı değerleri açısından birbirleriyle benzerdi. Fakat Normal grubunun en ince kornea kalınlığı verileri diğer 3 gruptan istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde farklı bulundu. KK, FFK ve KŞ gruplarındaki en ince kornea kalınlığı kontrol grubuna göre belirgin ince olarak değerlendirildi.

Tablo 11. Apeksteki kornea kalınlığının gruplar arası karşılaştırılması

Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
KK (n:158)	472.85 ± 3.28 **c**	40,97	474.5 (333-566)	<0.001
FFK (n:68)	479.09 ± 5.8 **bc**	47,81	484 (344-567)	
KŞ (n:70)	492.54 ± 5.63 **b**	47,08	485 (407-653)	
N (n:100)	580.06 ± 5.03 **a**	50,33	576.5 (504-752)	

Sirius cihazı ile elde edilen apeksteki kornea kalınlığı verileri değerlendirildiğinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı. KK ve FFK grupları arasında benzer sonuçlar elde edildi. Yine FFK ve KŞ grupları da apeksteki kornea kalınlığı değerleri açısından birbirleriyle benzerdi. Fakat Normal grubunun en ince kornea kalınlığı verileri diğer 3 gruptan istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde farklı bulundu. KK, FFK ve KŞ gruplarındaki apeksteki kornea kalınlığı kontrol grubuna göre belirgin ince olarak değerlendirildi.

Tablo 12. Santral kornea kalınlığı değişkeninin gruplar arası karşılaştırılması

Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
KK (n:158)	466.95 ± 3.18 **b**	39,69	467.5 (334-555)	<0.001
FFK (n:68)	473.24 ± 5.38 **b**	44,33	476.5 (361-559)	
KŞ (n:70)	480.76 ± 4.56 **b**	38,15	476 (398-562)	
N (n:100)	541.53 ± 2.79 **a**	27,92	542 (486-622)	

Sirius cihazı ile elde edilen CCT verileri değerlendirildiğinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı. Fakat KK, FFK ve KŞ gruplarının CCT değerleri birbiriyle benzerken normal gruptaki korneaların CCT değerleri istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde daha yüksek bulundu.

Tablo 13. Maksimum kurvatür gücünün gruplar arası karşılaştırılması

Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
KK (n:158)	54.96 ± 0.47 **a**	5,85	53.76 (43.67-78.61)	<0.001
FFK (n:68)	51.79 ± 0.72 **b**	5,95	49.98 (42.4-69.22)	
KŞ (n:70)	47.86 ± 0.35 **c**	2,91	47.68 (43.14-57.32)	
N (n:100)	45.55 ± 0.22 **d**	2,16	45.22 (40.51-52.17)	

Sirius cihazı ile elde edilen Kmax değerleri karşılaştırıldığında 4 grup arasında da istatiksel olarak anlamlı fark saptandı. KK, FFK, KŞ ve normal grubu karşılaştırıldığında maksimum kurvatür gücü değerlerinin sırasıyla giderek azaldığı görülmektedir.

Tablo 14. Simüle Keratometri değerlerinin gruplar arasında karşılaştırılması

Değişken	Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
sim k1	KK (n:158)	45.23 ± 0.22 **a**	2,71	44.94 (39.83-54.05)	<0.001
	FFK (n:68)	44.68 ± 0.3 **a**	2,44	44.26 (40.78-54.8)	
	KŞ (n:70)	43.62 ± 0.25 **b**	2,08	43.11 (38.78-49.78)	
	N (n:100)	43.22 ± 0.16 **b**	1,57	42.86 (39.05-47.09)	
sim k2	KK (n:158)	48.27 ± 0.29 **a**	3,58	47.62 (42.22-60.39)	<0.001
	FFK (n:68)	47.2 ± 0.43 **a**	3,55	46.37 (41-58.78)	
	KŞ (n:70)	45.86 ± 0.29 **b**	2,44	45.85 (41.86-54.19)	
	N (n:100)	44.24 ± 0.16 **c**	1,65	44.07 (39.99-48.38)	
sim Avg	KK (n:158)	46.66 ± 0.24 **a**	3,02	46.21 (40.99-56.59)	<0.001
	FFK (n:68)	45.89 ± 0.35 **a**	2,87	45.14 (40.89-56.43)	
	KŞ (n:70)	44.71 ± 0.26 **b**	2,21	44.56 (40.31-51.89)	
	N (n:100)	43.72 ± 0.16 **b**	1,58	43.43 (39.51-47.2)	
Cyl	KK (n:158)	-2.98 ± 0.12	1,56	-2.73 (-8.38--0.3) **c**	<0.001
	FFK (n:68)	-2.51 ± 0.22	1,84	-1.91 (-8.02--0.12) **b**	
	KŞ (n:70)	-2.23 ± 0.12	0,97	-2.11 (-5.02--0.14) **b**	
	N (n:100)	-1.02 ± 0.06	0,58	-0.91 (-2.63--0.11) **a**	

Sirius cihazı ile elde edilen SimK değerleri karşılaştırıldığında SimK1 ve SimK ortalama değerleri KK ile FFK grupları ve KŞ ile normal grupları arasında benzer olmakla birlikte bu ikili gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edildi. SimK2 değeri KK ile FFK grupları arasında benzer olmakla birlikte KŞ ve normal gruplarından istatiksel olarak anlamlı olacak şekilde daha yüksek bulunmuştur. Silindirik astigmat değeri FFK ile KŞ grupları arasında benzer olmakla birlikte KK grubunda anlamlı olarak daha yüksek, kontrol grubunda anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur.

Tablo 15. Anterior Keratometri ölçümlerine ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması

Değişken	Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
K1(3mm).f	KK (n:158)	45.73 ± 0.28 **a**	3,5	45.01 (39.2-58.75)	<0.001
	FFK (n:68)	44.96 ± 0.37 **a**	3,07	44.41 (40.61-59)	
	KŞ (n:70)	43.82 ± 0.26 **b**	2,2	43.46 (39.05-51.22)	
	N (n:100)	43.17 ± 0.16 **b**	1,62	42.8 (38.97-47.32)	
K2 (3mm).f	KK (n:158)	49.7 ± 0.4 **a**	4,94	48.76 (41.64-64.44)	<0.001
	FFK (n:68)	48.28 ± 0.6 **a**	4,92	47.31 (41.45-66.19)	
	KŞ (n:70)	46.33 ± 0.32 **b**	2,71	46.37 (41.73-56.12)	
	N (n:100)	44.32 ± 0.17 **c**	1,7	44.12 (40.09-48.3)	
K1(5mm).f	KK (n:158)	45.39 ± 0.24 **a**	2,98	44.88 (39.68-54.99)	<0.001
	FFK (n:68)	44.76 ± 0.32 **a**	2,66	44.31 (40.76-56.29)	
	KŞ (n:70)	43.68 ± 0.25 **b**	2,12	43.27 (38.87-50.31)	
	N (n:100)	43.18 ± 0.16 **b**	1,59	42.77 (39-47.17)	
K2 (5mm).f	KK (n:158)	48.7 ± 0.32 **a**	4,02	47.93 (41.92-61.72)	<0.001
	FFK (n:68)	47.57 ± 0.49 **a**	4	46.65 (41.19-60.33)	
	KŞ (n:70)	45.87 ± 0.31 **b**	2,58	45.89 (40.53-54.86)	
	N (n:100)	44.25 ± 0.17 **c**	1,67	44.1 (40.03-48.33)	
K1(7mm).f	KK (n:158)	44.88 ± 0.2 **a**	2,53	44.68 (39.95-52.66)	<0.001
	FFK (n:68)	44.4 ± 0.27 **a**	2,26	44.11 (40.69-53.37)	
	KŞ (n:70)	43.44 ± 0.24 **b**	2,04	42.95 (38.68-49.24)	
	N (n:100)	43.06 ± 0.16 **b**	1,58	42.66 (38.98-46.89)	
K2 (7mm).f	KK (n:158)	47.59 ± 0.26 **a**	3,23	47.11 (42.17-58.34)	<0.001
	FFK (n:68)	46.71 ± 0.39 **a**	3,2	45.9 (41.01-57.11)	
	KŞ (n:70)	45.54 ± 0.28 **b**	2,38	45.41 (41.74-53.25)	
	N (n:100)	44.11 ± 0.16 **c**	1,63	43.94 (39.91-48.31)	

Sirius cihazı ile elde edilen 3, 5 ve 7 mm'lik alanlardaki Anterior K1 değerleri karşılaştırıldığında KK ile FFK grupları kendi içerisinde KŞ ile normal grupları kendi içerisinde benzer olmakla birlikte KK ile FFK gruplarının Anterior K1 değerleri KŞ ile kontrol grubuna göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. 3, 5 ve 7 mm'lik alanlardaki Anterior K2 değerleri karşılaştırıldığında KK ile FFK değerleri benzer olmakla birlikte KŞ ve normal gruplarının Anterior K2 değerleri bu iki gruba göre anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur.

Tablo 16. Posterior keratometri ölçümlerine ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması

Değişken	Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
K1(3mm).b	KK (n:158)	-6.62 ± 0.09 **b**	1,12	-6.51 (-9.99--1.91)	<0.001
	FFK (n:68)	-6.42 ± 0.14 **ab**	1,12	-6.33 (-10.8--1.37)	
	KŞ (n:70)	-6.33 ± 0.06 **ab**	0,48	-6.35 (-7.75--4.96)	
	N (n:100)	-6.13 ± 0.02 **a**	0,25	-6.13 (-6.91--5.52)	
K2 (3mm).b	KK (n:158)	-8 ± 0.11	1,38	-7.77 (-17.13--5.92) **d**	<0.001
	FFK (n:68)	-7.84 ± 0.25	2,03	-7.34 (-20.23--6.06) **c**	
	KŞ (n:70)	-7.08 ± 0.08	0,67	-7.06 (-9.16--5.86) **b**	
	N (n:100)	-6.53 ± 0.03	0,29	-6.53 (-7.3--5.82) **a**	
K1(5mm).b	KK (n:158)	-6.5 ± 0.07 **b**	0,9	-6.44 (-9.04--2.32)	<0.001
	FFK (n:68)	-6.4 ± 0.11 **ab**	0,87	-6.36 (-9.62--2.06)	
	KŞ (n:70)	-6.31 ± 0.05 **ab**	0,4	-6.3 (-7.52--5.33)	
	N (n:100)	-6.15 ± 0.03 **a**	0,25	-6.14 (-6.96--5.51)	
K2 (5mm).b	KK (n:158)	-7.56 ± 0.09 **b**	1,08	-7.36 (-15.51--5.95)	<0.001
	FFK (n:68)	-7.62 ± 0.34 **b**	2,82	-7.13 (-29.31--6.05)	
	KŞ (n:70)	-6.94 ± 0.06 **a**	0,53	-6.89 (-8.59--5.89)	
	N (n:100)	-6.53 ± 0.03 **a**	0,28	-6.51 (-7.3--5.81)	
K1(7mm).b	KK (n:158)	-6.42 ± 0.05 **b**	0,65	-6.38 (-8.36--3.17)	0,003
	FFK (n:68)	-6.34 ± 0.08 **ab**	0,69	-6.3 (-8.61--2.57)	
	KŞ (n:70)	-6.26 ± 0.04 **ab**	0,35	-6.26 (-7.26--5.41)	
	N (n:100)	-6.17 ± 0.03 **a**	0,26	-6.16 (-7.02--5.52)	
K2 (7mm).b	KK (n:158)	-7.17 ± 0.05	0,67	-7.03 (-10.82--5.99) **c**	<0.001
	FFK (n:68)	-7.11 ± 0.13	1,06	-6.87 (-14.02--6.02) **c**	
	KŞ (n:70)	-6.77 ± 0.05	0,44	-6.77 (-8.14--5.87) **b**	
	N (n:100)	-6.49 ± 0.03	0,27	-6.47 (-7.31--5.77) **a**	

Sirius cihazı ile elde edilen 3, 5 ve 7 mm'lik alanlardaki Posterior K1 değerleri karşılaştırıldığında KK ve normal grupları dışında ikili gruplar arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. 3 mm'lik alanda tüm gruplar arasında Posterior K2 değerlerinin medyanları arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. 5 mm'lik alanda Posterior K2 değerleri KK ile FFK grupları ve KŞ ile normal grupları arasında benzer olmak üzere bu ikili gruplar arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir. 7 mm'lik alanda Posterior K2 değerlerinin medyanları KK ile FFK grupları arasında benzerken diğer bütün gruplarda anlamlı farklı bulunmuştur.

Tablo 17. Şekil indekslerine ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması

Değişken	Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
RMS/f	KK (n:158)	0.21 ± 0.01	0,11	0.19 (0.03-0.71) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	0.15 ± 0.01	0,1	0.11 (0.03-0.42) **b**	
	KŞ (n:70)	0.08 ± 0.003	0,03	0.08 (0.03-0.14) **c**	
	N (n:100)	0.04 ± 0.002	0,02	0.04 (0.02-0.1) **d**	
RMS/b	KK (n:158)	0.44 ± 0.01	0,18	0.41 (0.1-1.39) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	0.35 ± 0.02	0,2	0.28 (0.12-1.03) **b**	
	KŞ (n:70)	0.22 ± 0.01	0,07	0.22 (0.1-0.4) **c**	
	N (n:100)	0.13 ± 0.003	0,04	0.12 (0.08-0.21) **d**	
Q front	KK (n:158)	-0.8 ± 0.04	0,54	-0.72 (-2.53--0.36) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	-0.63 ± 0.06	0,47	-0.49 (-2.6--0.04) **b**	
	KŞ (n:70)	-0.44 ± 0.03	0,24	-0.37 (-1.04--0.06) **c**	
	N (n:100)	-0.21 ± 0.01	0,1	-0.2 (-0.35-0.07) **d**	
Q back	KK (n:158)	-1.02 ± 0.05	0,64	-0.95 (-2.77--0.44) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	-0.81 ± 0.07	0,57	-0.71 (-2.68--0.03) **b**	
	KŞ (n:70)	-0.57 ± 0.05	0,38	-0.53 (-1.92-0.33) **c**	
	N (n:100)	-0.2 ± 0.01	0,11	-0.21 (-0.37-0.04) **d**	

Sirius cihazı ile elde edilen şekil indeksleri verileri karşılaştırıldığında tüm grupların medyan değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir.

Normal, KŞ, FFK ve KK gruplarında RMS değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde 0'dan uzaklaşılmaktadır. RMS Sirius cihazı ile elde edilen ve korneanın düzenliliğini gösteren bir indeks olduğundan sırasıyla bu gruplarda düzenlilikten sapma oranı artmaktadır.

Korneanın asferisite indeksi olan Q değerlerinin de Normal, KŞ, FFK ve KK gruplarında sırasıyla istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha negatif olduğu tespit edilmiştir. 4 grupta belirtilen sıralamayla prolatlık artmaktadır.

Tablo 18. Keratokonus tarama ölçümlerine ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması

Değişken	Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
Slf	KK (n:158)	6.12 ± 0.28	3,51	5.64 (0.25-16.1) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	3.78 ± 0.38	3,11	2.9 (0.51-14.55) **b**	
	KŞ (n:70)	1.44 ± 0.11	0,95	1.13 (0.02-3.28) **c**	
	N (n:100)	-0.09 ± 0.05	0,49	-0.17 (-1.17-1.31) **d**	
Slb	KK (n:158)	1.53 ± 0.06	0,73	1.49 (0.14-4.15) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	1.14 ± 0.1	0,8	0.93 (0.08-4.06) **b**	
	KŞ (n:70)	0.5 ± 0.04	0,3	0.45 (-0.01-1.15) **c**	
	N (n:100)	-0.01 ± 0.01	0,09	-0.02 (-0.24-0.17) **d**	
KVf	KK (n:158)	29.07 ± 1.29	16,06	27 (3-91) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	20.12 ± 1.95	16,07	13 (4-69) **b**	
	KŞ (n:70)	9.29 ± 0.55	4,57	9 (3-22) **c**	
	N (n:100)	4.1 ± 0.2	1,98	4 (1-14) **d**	
KVb	KK (n:158)	65.35 ± 2.63	32,89	61 (8-218) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	50.22 ± 4.89	40,3	35 (10-204) **b**	
	KŞ (n:70)	25.1 ± 1.49	12,48	23.5 (7-74) **c**	
	N (n:100)	10.39 ± 0.28	2,85	10 (4-20) **d**	
BCVf	KK (n:158)	3.07 ± 0.14	1,81	2.78 (0.18-9.7) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	2.18 ± 0.25	2,08	1.37 (0.19-11.23) **b**	
	KŞ (n:70)	0.82 ± 0.05	0,45	0.72 (0.04-1.94) **c**	
	N (n:100)	0.11 ± 0.02	0,17	0.01 (0-0.82) **d**	
BCVb	KK (n:158)	3.13 ± 0.13	1,59	2.99 (0.06-9.94) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	2.26 ± 0.21	1,75	1.69 (0.2-7.4) **b**	
	KŞ (n:70)	1.06 ± 0.06	0,5	1.09 (0.11-2.25) **c**	
	N (n:100)	0.09 ± 0.01	0,14	0 (0-0.61) **d**	
BCVt	KK (n:158)	3.08 ± 0.13	1,66	2.85 (0.1-9.75) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	2.1 ± 0.2	1,65	1.54 (0.23-6.77) **b**	
	KŞ (n:70)	0.92 ± 0.05	0,44	0.94 (0.09-1.79) **c**	
	N (n:100)	0.09 ± 0.01	0,11	0.04 (0-0.52) **d**	

Sirius cihazı ile elde edilen keratokonus tarama verileri karşılaştırıldığında tüm grupların medyan değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir. Normal, KŞ, FFK ve KK gruplarında şekil indeksleri karşılaştırıldığında sırasıyla istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde 0'dan uzaklaşılmaktadır.

Tablo 19. Elevasyon haritalarına ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması

Değişken	Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
En ince (Ant)	KK (n:158)	13.23 ± 0.71	8,83	11 (-1-49) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	9.81 ± 1.09	9,01	6 (0-40) **b**	
	KŞ (n:70)	3.23 ± 0.3	2,5	3 (-2-11) **c**	
	N (n:100)	0.68 ± 0.09	0,86	1 (-2-4) **d**	
En ince (Post)	KK (n:158)	32.82 ± 1.6	19,96	28.5 (3-115) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	26.29 ± 2.61	21,51	20 (0-91) **b**	
	KŞ (n:70)	10.07 ± 0.93	7,8	9 (-3-36) **c**	
	N (n:100)	1.34 ± 0.19	1,87	1 (-2-8) **d**	
Apeks (Ant)	KK (n:158)	18.37 ± 1.04	12,94	16 (-2-80) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	11.66 ± 1.37	11,31	8 (-4-52) **b**	
	KŞ (n:70)	4.07 ± 0.4	3,39	3 (-4-13) **c**	
	N (n:100)	1.53 ± 0.19	1,92	1 (-2-7) **d**	
Apeks (Post)	KK (n:158)	36.81 ± 2.05	25,64	32.5 (-6-162) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	26.79 ± 3.15	25,97	18 (-11-105) **b**	
	KŞ (n:70)	8.91 ± 1.04	8,69	8 (-18-38) **c**	
	N (n:100)	-1.06 ± 0.49	4,9	0 (-19-7) **d**	

Sirius cihazları ile elde edilen elevasyon değerleri gruplar arasında karşılaştırıldığında tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir. KK, FFK, KŞ ve kontrol grubunda sırasıyla elevasyon değerlerinde anlamlı azalma olmaktadır.

4.2. RTVUE CİHAZI İLE DEĞERLENDİRİLEN VERİLER

Tablo 20. Kornea gücü ölçümlerine ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması

Değişken	Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
Anterior Güç	KK (n:158)	52.82 ± 0.35	4,39	52.22 (44.42-67.82) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	52.07 ± 0.54	4,45	50.98 (45.65-70.2) **ab**	
	KŞ (n:70)	51.02 ± 0.33	2,75	50.91 (45.84-61.4) **b**	
	N (n:100)	48.71 ± 0.26	2,57	49 (43-53.35) **c**	
Posterior Güç	KK (n:158)	-6.77 ± 0.07	0,87	-6.58 (-10.48--5) **c**	<0.001
	FFK (n:68)	-6.53 ± 0.13	1,05	-6.34 (-11.05--5) **b**	
	KŞ (n:70)	-6.42 ± 0.06	0,51	-6.37 (-8.31--5.58) **b**	
	N (n:100)	-6.19 ± 0.03	0,29	-6.17 (-7.2--5.53) **a**	

RTVue cihazı (OptoVue, Fremont, CA) ile elde edilen ön kornea gücü verileri karşılaştırıldığında KK ile FFK ve FFK ile KŞ benzer olacak şekilde KK, KŞ ve Normal grupları arasında anlamlı farklılık saptanmıştır. Arka kornea gücü verileri karşılaştırıldığında FFK ile KŞ grubu verileri benzer olacak şekilde bu ikili grup ile KK ve kontrol grubu arasında belirgin fark tespit edilmiştir.

Tablo 21. Pakimetri ölçümlerine ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması

Değişken	Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
SN-IT(2-5mm)	KK (n:158)	58.88 ± 1.9	23,7	59.5 (-20-136) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	54.88 ± 3.3	27,24	48 (-1-150) **b**	
	KŞ (n:70)	37.31 ± 2.44	20,39	36.5 (-25-82) **c**	
	N (n:100)	28.37 ± 1.25	12,51	30.5 (-9-56) **d**	
S-I(2-5mm)	KK (n:158)	53.69 ± 1.94	24,29	51 (-20-122) **a**	<0.001
	FFK (n:68)	41.85 ± 3.7	30,48	37 (-35-144) **b**	
	KŞ (n:70)	26.31 ± 2.65	22,13	27 (-46-74) **c**	
	N (n:100)	19.28 ± 1.77	17,65	21.5 (-80-57) **d**	
PakiMin	KK (n:158)	449.07 ± 3.22	40,17	452 (296-555) **c**	<0.001
	FFK (n:68)	457.47 ± 5.24	43,25	457 (345-547) **bc**	
	KŞ (n:70)	466.69 ± 4.61	38,6	464.5 (344-541) **b**	
	N (n:100)	527.26 ± 2.74	27,36	525 (482-603) **a**	
Min-Med	KK (n:158)	-49.3 ± 1.28	16	-48 (-104--19) **d**	<0.001
	FFK (n:68)	-47.01 ± 2.8	23,1	-40.5 (-136--13) **c**	
	KŞ (n:70)	-36.11 ± 2.19	18,32	-34 (-151--16) **b**	
	N (n:100)	-23.13 ± 0.47	4,66	-22.5 (-50--17) **a**	
Min-Max	KK (n:158)	-106.71 ± 2.36	29,5	-104 (-241--50) **c**	<0.001
	FFK (n:68)	-102.75 ± 4.58	37,81	-93.5 (-238--45) **c**	
	KŞ (n:70)	-81.33 ± 3.17	26,55	-77 (-192--44) **b**	
	N (n:100)	-65.54 ± 1.66	16,59	-64 (-187--44) **a**	

RTVue cihazı ile elde edilen 2-5 mm'lik alanda Superonazal-İnferotemporal ve Superior-İnferior bölgelerdeki kalınlık farkları istatistiksel olarak anlamlı ölçüde KK, FFK, KŞ ve normal gruplarında sırasıyla azalmaktadır. Minimum pakimetri değeri karşılaştırıldığında KK ile FFK grupları arasında benzer sonuçlar elde edildi. Yine FFK ile KŞ grupları da minimum pakimetri değerleri açısından birbirleriyle benzerdi. Fakat Normal grubunun minimum pakimetri verileri diğer 3 gruptan istatistiksel olarak

anlamlı olacak şekilde farklı bulundu. KK, FFK ve KŞ gruplarındaki minimum pakimetri değeri kontrol grubuna göre belirgin ince olarak değerlendirildi. Minimum-Medyan pakimetri farklarının medyan değerleri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar içermektedir. Minimum-Maximum pakimetri farklarının medyan değerleri incelendiğinde KK ile FFK grupları benzer olacak şekilde diğer iki gruptan belirgin olarak yüksek bir fark gözlenmektedir.

Tablo 22. Epitel ölçümlerine ilişkin değişkenlerin gruplar arasında karşılaştırılması

Değişken	Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
EpiMin	KK (n:158)	43.39 ± 0.4	4,94	44 (28-55) c	<0.001
	FFK (n:68)	44.79 ± 0.76	6,25	46 (24-62) b	
	KŞ (n:70)	46.14 ± 0.64	5,34	47 (26-56) b	
	N (n:100)	49.8 ± 0.31	3,09	50 (34-55) a	
EpiMax	KK (n:158)	60.5 ± 0.39	4,81	60 (47-77) a	<0.001
	FFK (n:68)	59.97 ± 0.64	5,3	59 (51-74) a	
	KŞ (n:70)	58.16 ± 0.61	5,1	57 (50-74) b	
	N (n:100)	56.07 ± 0.29	2,91	56 (49-64) c	
EpiSD	KK (n:158)	4.42 ± 0.15	1,91	4.15 (0.6-10.9) a	<0.001
	FFK (n:68)	3.91 ± 0.28	2,33	3.15 (0.8-10.4) b	
	KŞ (n:70)	2.8 ± 0.19	1,6	2.4 (0.8-7.9) c	
	N (n:100)	1.46 ± 0.06	0,6	1.3 (0.6-4.9) d	
EpiMin-Max	KK (n:158)	-17.17 ± 0.55	6,85	-16 (-42--3) d	<0.001
	FFK (n:68)	-15.18 ± 1.04	8,61	-13 (-48--3) c	
	KŞ (n:70)	-12.01 ± 0.86	7,2	-10 (-37--4) b	
	N (n:100)	-6.27 ± 0.31	3,14	-6 (-30--3) a	

RTVue cihazı ile elde edilen minimum epitel kalınlığı değeri FFK ile KŞ grupları benzer olacak şekilde KK grubunda kontrol grubuna göre belirgin ince bulunmuştur. Maksimum epitel kalınlığı değeri KK ile FFK gruplarında benzer olacak şekilde KŞ ve kontrol gruplarına göre belirgin kalın bulunmuştur. Epitel kalınlığının standart deviasyonu tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar içermektedir. Minimum-Maksimum epitel kalınlığı arasındaki fark Normal, KŞ, FFK ve KK grupları incelendiğinde sırasıyla artmaktadır. KK grubunda minimum epitel kalınlığının diğer gruplara göre ince olması, maksimum epitel kalınlığının diğer gruplara göre kalın olması ve minimum maksimum farkının anlamlı olarak fazla

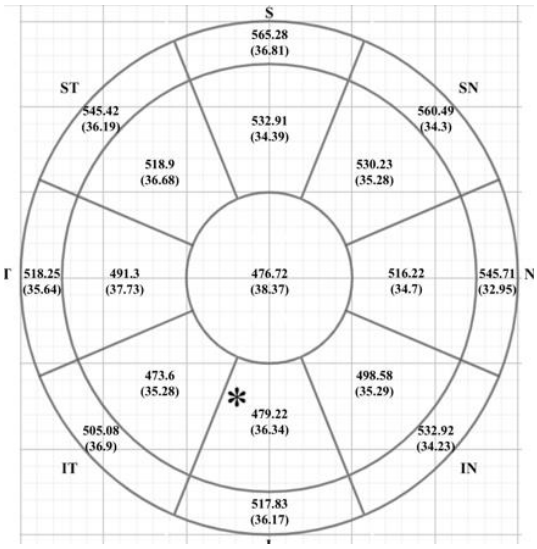
olması bu kornealarda bölgesel incelme ve kalınlaşma alanları olduğunu düşündürmektedir.

Tablo 23. 17 bölgede pakimetri haritası verileri

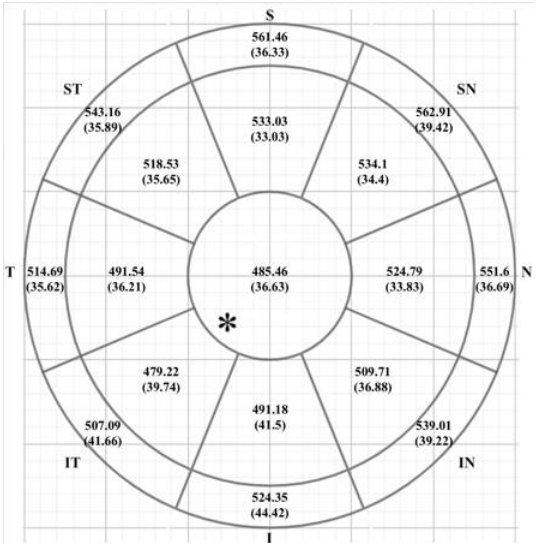
Değişken	Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)
Santral	KK (n:158)	476.72 ± 3.07	38,37	477.5 (314-574)
	FFK (n:68)	485.46 ± 4.44	36,63	479.5 (418-565)
	KŞ (n:70)	485.99 ± 4.04	33,83	483.5 (408-553)
	N (n:100)	535.37 ± 2.73	27,25	533.5 (491-609)
S1	KK (n:158)	532.91 ± 2.75	34,39	533 (433-613)
	FFK (n:68)	533.03 ± 4.01	33,03	531 (458-608)
	KŞ (n:70)	524.5 ± 5.12	42,86	521 (441-699)
	N (n:100)	567.91 ± 2.88	28,78	565.5 (520-637)
S2	KK (n:158)	565.28 ± 2.95	36,81	565 (464-680)
	FFK (n:68)	561.46 ± 4.41	36,33	558 (486-656)
	KŞ (n:70)	551.53 ± 5.43	45,43	557 (412-650)
	N (n:100)	601.78 ± 3.14	31,37	598.5 (541-682)
ST1	KK (n:158)	518.9 ± 2.94	36,68	520 (364-604)
	FFK (n:68)	518.53 ± 4.32	35,65	514 (429-600)
	KŞ (n:70)	511.23 ± 4.35	36,38	511.5 (441-597)
	N (n:100)	555.24 ± 2.9	28,99	552.5 (500-629)
ST2	KK (n:158)	545.42 ± 2.9	36,19	548 (376-626)
	FFK (n:68)	543.16 ± 4.35	35,89	542 (464-628)
	KŞ (n:70)	534.74 ± 4.69	39,24	534.5 (452-631)
	N (n:100)	580.9 ± 3.24	32,4	578 (517-667)
T1	KK (n:158)	491.3 ± 3.02	37,73	490 (332-591)
	FFK (n:68)	491.54 ± 4.39	36,21	490.5 (409-578)
	KŞ (n:70)	492.16 ± 4.2	35,13	492 (416-565)
	N (n:100)	541.11 ± 2.85	28,51	538 (490-614)
T2	KK (n:158)	518.25 ± 2.85	35,64	518.5 (410-603)
	FFK (n:68)	514.69 ± 4.32	35,62	513.5 (436-595)
	KŞ (n:70)	509.43 ± 4.51	37,75	508.5 (419-604)
	N (n:100)	558.61 ± 3.02	30,23	556 (500-631)
IT1	KK (n:158)	473.6 ± 2.83	35,28	474 (370-578)
	FFK (n:68)	479.22 ± 4.82	39,74	476.5 (376-559)
	KŞ (n:70)	487.2 ± 4.14	34,63	481 (414-560)
	N (n:100)	540.21 ± 2.84	28,36	538 (489-609)

Tablo 23. (devam) 17 bölgede pakimetri haritası verileri

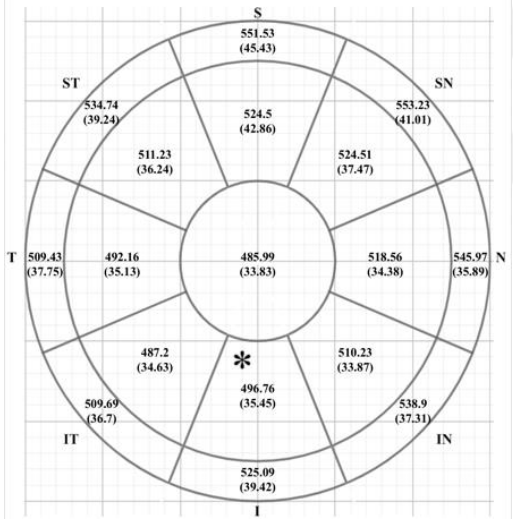
Değişken	Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)
IT2	KK (n:158)	505.08 ± 2.95	36,9	503 (399-607)
	FFK (n:68)	507.09 ± 5.05	41,66	503.5 (412-589)
	KŞ (n:70)	509.69 ± 4.39	36,7	507 (419-597)
	N (n:100)	558.13 ± 3.02	30,16	555.5 (503-624)
I1	KK (n:158)	479.22 ± 2.91	36,34	481 (348-566)
	FFK (n:68)	491.18 ± 5.03	41,5	488.5 (374-571)
	KŞ (n:70)	496.76 ± 4.24	35,45	497.5 (421-581)
	N (n:100)	548.17 ± 3	30,03	543 (496-644)
I2	KK (n:158)	517.83 ± 2.9	36,17	516 (434-602)
	FFK (n:68)	524.35 ± 5.39	44,42	519 (418-619)
	KŞ (n:70)	525.09 ± 4.71	39,42	525 (431-628)
	N (n:100)	571.87 ± 3.23	32,26	566 (508-671)
IN1	KK (n:158)	498.58 ± 2.83	35,29	501 (354-578)
	FFK (n:68)	509.71 ± 4.47	36,88	507.5 (435-581)
	KŞ (n:70)	510.23 ± 4.05	33,87	506 (444-591)
	N (n:100)	554.51 ± 2.84	28,44	551 (506-629)
IN2	KK (n:158)	532.92 ± 2.74	34,23	534 (411-613)
	FFK (n:68)	539.01 ± 4.76	39,22	537.5 (436-621)
	KŞ (n:70)	538.9 ± 4.46	37,31	537.5 (459-636)
	N (n:100)	579.06 ± 3.13	31,32	576.5 (524-658)
N1	KK (n:158)	516.22 ± 2.78	34,7	516.5 (360-594)
	FFK (n:68)	524.79 ± 4.1	33,83	526 (451-595)
	KŞ (n:70)	518.56 ± 4.11	34,38	514.5 (447-604)
	N (n:100)	561.52 ± 2.87	28,68	560.5 (512-639)
N2	KK (n:158)	545.71 ± 2.64	32,95	548 (449-625)
	FFK (n:68)	551.6 ± 4.45	36,69	546.5 (441-635)
	KŞ (n:70)	545.97 ± 4.29	35,89	540 (478-640)
	N (n:100)	588.45 ± 3.11	31,08	586.5 (534-683)
SN1	KK (n:158)	530.23 ± 2.82	35,28	531 (400-607)
	FFK (n:68)	534.1 ± 4.17	34,4	528.5 (458-610)
	KŞ (n:70)	524.51 ± 4.48	37,47	522.5 (447-613)
	N (n:100)	570.32 ± 3.07	30,74	567.5 (517-687)
SN2	KK (n:158)	560.49 ± 2.75	34,3	561.5 (466-641)
	FFK (n:68)	562.91 ± 4.78	39,42	557.5 (453-690)
	KŞ (n:70)	553.23 ± 4.9	41,01	551 (456-651)
	N (n:100)	600.68 ± 3.05	30,49	598.5 (547-681)



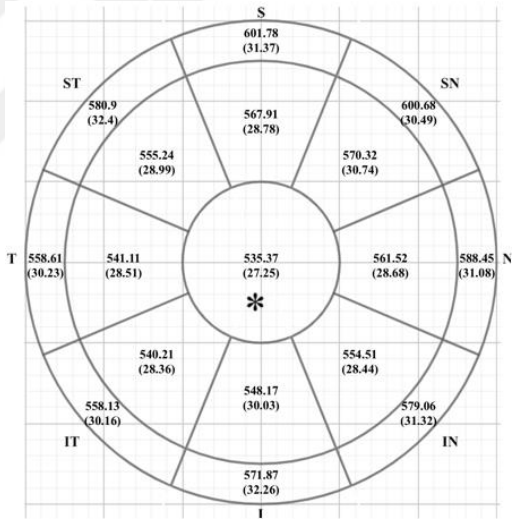
Şekil 5. KK grubu pakimetri ortalama haritası



Şekil 6. FFK grubu pakimetri ortalama haritası



Şekil 7. KŞ grubu pakimetri ortalama haritası



Şekil 8. Normal grubu pakimetri ortalama haritası

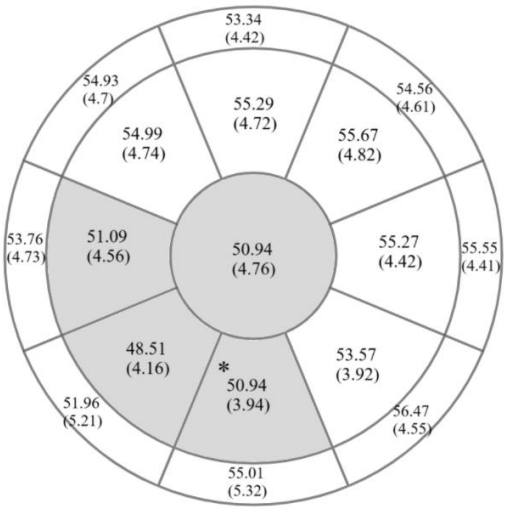
(Haritalarda apeksin konumu "" işareti ile gösterilmiştir.)*

Tablo 24. 17 bölgede Epitel haritası verileri

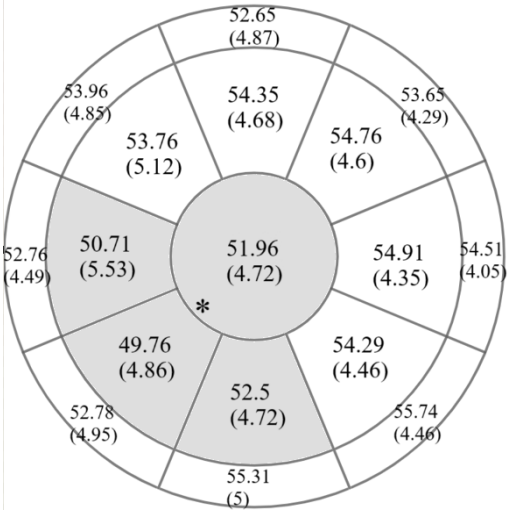
Değişken	Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
E.Santral	KK (n:158)	50.94 ± 0.38 **b**	4,76	51 (35-64)	<0.001
	FFK (n:68)	51.96 ± 0.57 **ab**	4,72	52 (39-66)	
	KŞ (n:70)	52.51 ± 0.57 **ab**	4,78	52 (40-67)	
	N (n:100)	53.36 ± 0.26 **a**	2,57	53 (47-59)	
E.S1	KK (n:158)	55.29 ± 0.38 **a**	4,72	55 (46-69)	<0.001
	FFK (n:68)	54.35 ± 0.57 **ab**	4,68	54 (45-71)	
	KŞ (n:70)	52.96 ± 0.55 **bc**	4,62	52 (44-68)	
	N (n:100)	52.17 ± 0.28 **c**	2,82	52 (45-59)	
E.S2	KK (n:158)	53.34 ± 0.35 **a**	4,42	54 (44-66)	<0.001
	FFK (n:68)	52.65 ± 0.59 **ab**	4,87	53 (42-67)	
	KŞ (n:70)	51.46 ± 0.54 **bc**	4,5	51 (38-66)	
	N (n:100)	50.88 ± 0.34 **c**	3,36	51 (42-63)	
E.ST1	KK (n:158)	54.99 ± 0.38 **a**	4,74	55 (45-68)	<0.001
	FFK (n:68)	53.76 ± 0.62 **ab**	5,12	53.5 (39-71)	
	KŞ (n:70)	52.71 ± 0.55 **b**	4,63	52 (40-68)	
	N (n:100)	52.14 ± 0.28 **b**	2,79	52 (46-57)	
E.ST2	KK (n:158)	54.93 ± 0.38 **a**	4,7	55 (41-68)	<0.001
	FFK (n:68)	53.96 ± 0.59 **a**	4,85	53.5 (43-70)	
	KŞ (n:70)	51.89 ± 0.49 **b**	4,13	51 (42-66)	
	N (n:100)	51.36 ± 0.31 **b**	3,06	51.5 (43-59)	
E.T1	KK (n:158)	51.09 ± 0.36	4,56	51 (42-65)	0,058
	FFK (n:68)	50.71 ± 0.67	5,53	51 (35-69)	
	KŞ (n:70)	51.89 ± 0.51	4,23	51 (44-66)	
	N (n:100)	52.27 ± 0.25	2,54	52 (46-58)	
E.T2	KK (n:158)	53.76 ± 0.38 **a**	4,73	53 (32-69)	0,002
	FFK (n:68)	52.76 ± 0.54 **ab**	4,49	52.5 (43-69)	
	KŞ (n:70)	52.74 ± 0.42 **ab**	3,52	52 (46-66)	
	N (n:100)	51.74 ± 0.28 **b**	2,78	52 (46-58)	
E.IT1	KK (n:158)	48.51 ± 0.33 **c**	4,16	48 (37-61)	<0.001
	FFK (n:68)	49.76 ± 0.59 **bc**	4,86	50 (38-66)	
	KŞ (n:70)	51.3 ± 0.55 **b**	4,58	51 (39-63)	
	N (n:100)	53.28 ± 0.28 **a**	2,79	53 (46-58)	
E.IT2	KK (n:158)	51.96 ± 0.42	5,21	52 (37-66)	0,131
	FFK (n:68)	52.78 ± 0.6	4,95	52.5 (42-71)	
	KŞ (n:70)	52.53 ± 0.46	3,81	52 (44-66)	
	N (n:100)	53.3 ± 0.33	3,27	53 (40-60)	
E.I1	KK (n:158)	50.94 ± 0.32 **c**	3,94	50 (40-61)	<0.001
	FFK (n:68)	52.5 ± 0.57 **b**	4,72	52 (42-65)	
	KŞ (n:70)	53.11 ± 0.49 **ab**	4,11	53 (43-70)	
	N (n:100)	54.18 ± 0.27 **a**	2,75	54 (46-60)	

Tablo 24. (devam) 17 bölgede Epitel haritası verileri

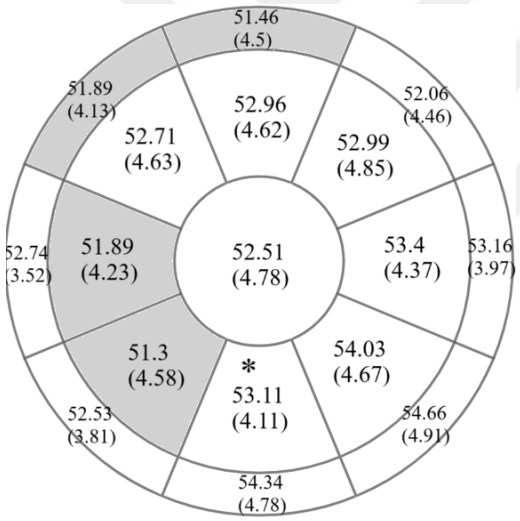
Değişken	Grup	Arit. Ort. ± SH	SS	Medyan (Min.-Maks.)	P
E.I2	KK (n:158)	55.01 ± 0.43	5,32	55 (42-70)	0,503
	FFK (n:68)	55.31 ± 0.61	5	54.5 (47-69)	
	KŞ (n:70)	54.34 ± 0.57	4,78	54 (40-72)	
	N (n:100)	54.45 ± 0.29	2,89	54 (47-62)	
E.IN1	KK (n:158)	53.57 ± 0.31	3,92	54 (42-66)	0,601
	FFK (n:68)	54.29 ± 0.54	4,46	54 (45-68)	
	KŞ (n:70)	54.03 ± 0.56	4,67	54 (31-68)	
	N (n:100)	53.78 ± 0.26	2,58	54 (46-60)	
E.IN2	KK (n:158)	56.47 ± 0.36 **a**	4,55	56 (45-72)	<0.001
	FFK (n:68)	55.74 ± 0.54 **ab**	4,46	55 (46-68)	
	KŞ (n:70)	54.66 ± 0.59 **bc**	4,91	55 (34-65)	
	N (n:100)	53.96 ± 0.27 **c**	2,73	54 (47-63)	
E.N1	KK (n:158)	55.27 ± 0.35 **a**	4,42	55 (44-71)	<0.001
	FFK (n:68)	54.91 ± 0.53 **ab**	4,35	55 (40-68)	
	KŞ (n:70)	53.4 ± 0.52 **bc**	4,37	53 (31-67)	
	N (n:100)	53.11 ± 0.28 **c**	2,78	53 (46-60)	
E.N2	KK (n:158)	55.55 ± 0.35 **a**	4,41	55 (46-74)	<0.001
	FFK (n:68)	54.51 ± 0.49 **ab**	4,05	54 (47-65)	
	KŞ (n:70)	53.16 ± 0.47 **b**	3,97	53 (34-66)	
	N (n:100)	53.1 ± 0.27 **b**	2,72	53.5 (47-60)	
E.SN1	KK (n:158)	55.67 ± 0.39 **a**	4,82	55 (45-72)	<0.001
	FFK (n:68)	54.76 ± 0.56 **a**	4,6	54 (42-68)	
	KŞ (n:70)	52.99 ± 0.58 **b**	4,85	53 (32-66)	
	N (n:100)	52.7 ± 0.27 **b**	2,72	53 (46-60)	
E.SN2	KK (n:158)	54.56 ± 0.37 **a**	4,61	54 (46-74)	<0.001
	FFK (n:68)	53.65 ± 0.52 **ab**	4,29	53 (43-66)	
	KŞ (n:70)	52.06 ± 0.53 **b**	4,46	52 (36-65)	
	N (n:100)	52.23 ± 0.3 **b**	3,04	53 (44-60)	



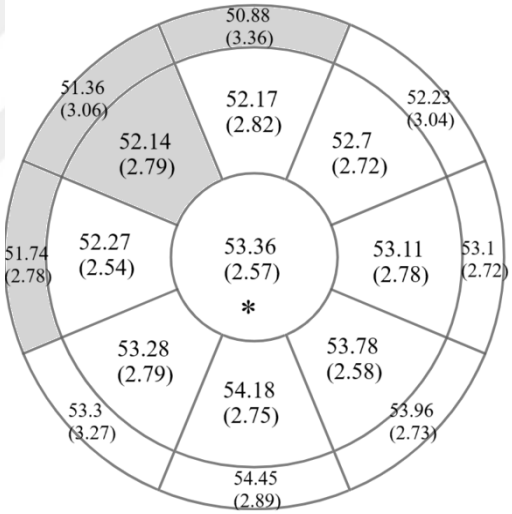
Şekil 9. KK grubu epitel ortalama haritası



Şekil 10. FFK grubu epitel ortalama haritası

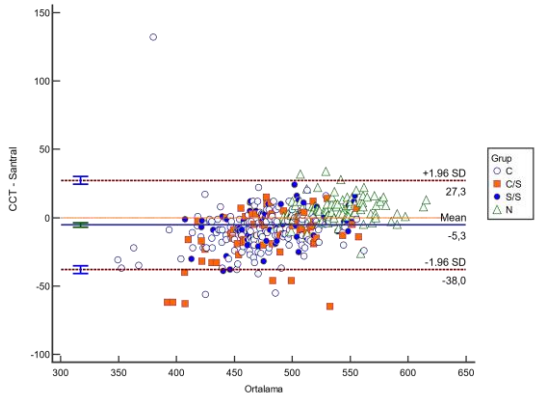


Şekil 11. KŞ grubu epitel ortalama haritası



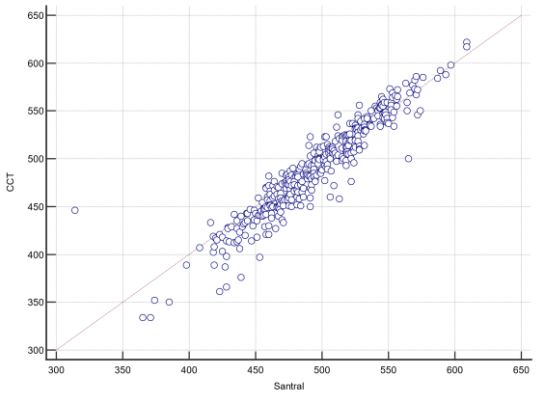
Şekil 12. Normal grubu epitel ortalama haritası

Haritalarda apeksin konumu "" işareti ile gösterilmiştir.*
17 bölgeden en ince olan 4 tanesi gri boyalı olarak belirtilmiştir.



Şekil 13. CCT (Sirius cihazı ile elde edilen santral kornea kalınlığı) ve Santral (RTVue cihazı ile elde edilen pakimetri haritasında santral kornea kalınlığı) ölçümlerinin uyumuna ilişkin Bland Altman grafiği

(C: Compatible, C/S: Compatible / Suspect, S: Suspect, N: Normal)



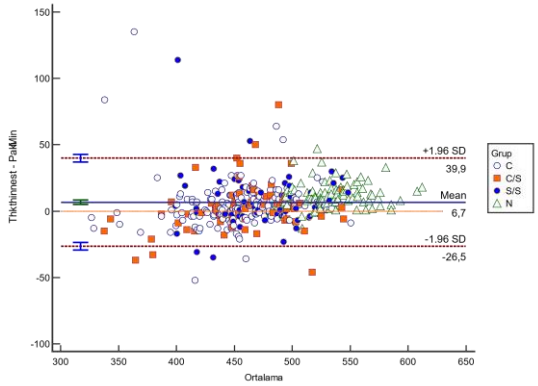
Şekil 14. CCT (Sirius cihazı) ve Santral (RTVue cihazı) ölçümleri arasındaki ilişkiye ait saçılım grafiği

	Bias (Yanlılık)	%95 Güven Aralığı	P (H_0: Ortalama=0)
Tüm Gruplar için sistematik yanlılık (CCT vs Santral)	-5,3452	-6,9966 ; -3,6938	<0,001
KK (n:158)	-9,7756	-12,5361 ; -7,0152	<0,001
FFK (n:68)	-12,2206	-16,7170 ; -7,7242	<0,001
KŞ (n:70)	-5,2286	-8,3106 ; -2,1465	0,001
N (n:100)	6,16	4,3907 ; 7,9293	<0,001

Sirius cihazı tüm gruplar için CCT'nı 5,3452 µm daha ince ölçme eğilimindeyken bu değer gruplar arasında farklılık göstermektedir. CCT ortalamasının daha düşük olduğu KK grubunda 9,7756 µm daha ince ölçme eğilimindeyken, CCT ortalamasının daha yüksek olduğu Normal grubunda 6,16 µm daha kalın ölçme eğilimindedir.

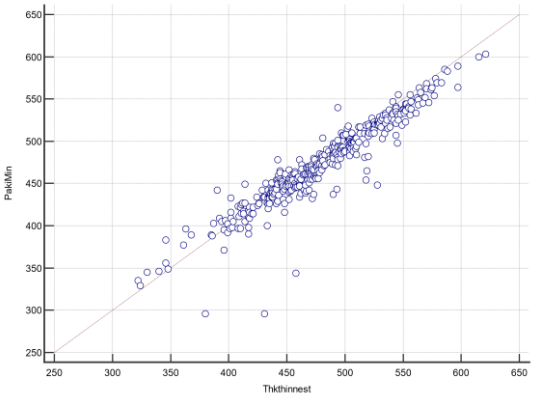
Concordance correlation coefficient	Pearson ρ (precision)	Bias correction factor C_b (accuracy)
0,9263	0,9422	0,9832

Bu grafikten elde edilen Lin's concordance korelasyon katsayısının 1'e oldukça yakın olduğunu (0,9263) iki cihazın CCT ölçümleri arasında oldukça yüksek bir uyum olduğunu görebilmekteyiz.



Şekil 15. Thkthinnest (Sirius cihazı ile elde edilen en ince kornea kalınlığı) ve PakiMin (RTVue cihazı ile elde edilen en ince pakimetri değeri) ölçümlerinin uyumuna ilişkin Bland Altman grafiği

(C: Compatible, C/S: Compatible / Suspect, S: Suspect, N: Normal)



Şekil 16. Thkthinnest (Sirius cihazı) ile Pakimin (RTVue) ölçümleri arasındaki ilişkiye ait saçılım grafiği

	Bias (Yanlılık)	%95 Güven Aralığı	P (H_0: Ortalama=0)
Tüm Gruplar için sistematik yanlılık (Thkthinnest vs Pakimin)	6,7056	5,0296 ; 8,3815	<0,001
KK (n:158)	4,7821	1,9345 ; 7,6296	0,001
FFK (n:68)	3,4118	-1,2056 ; 8,0291	0,145
KŞ (n:70)	6,9	2,3013 ; 11,4987	0,004
N (n:100)	11,81	9,9926 ; 13,6274	<0,001

Sirius cihazı tüm gruplar için en ince kornea kalınlığını 6,7056 µm daha kalın ölçme eğilimindeyken bu değer gruplar arasında farklılık göstermektedir. En ince kornea kalınlığı ortalamasının daha düşük olduğu KK grubunda 4,7821 µm daha kalın ölçme eğilimindeyken, en ince kornea kalınlığı ortalamasının daha yüksek olduğu Normal grubunda 11,81 µm daha kalın ölçme eğilimindedir. FFK grubu için istatistiksel anlamlılık göstermemekle birlikte Sirius cihazı en ince kornea kalınlığı arttıkça RTVue cihazı ile karşılaştırıldığında daha yüksek ölçüm sonucu vermektedir diyebiliriz.

Concordance correlation coefficient	Pearson ρ (precision)	Bias correction factor C_b (accuracy)
0,9363	0,9461	0,9897

Bu grafikten elde edilen Lin's concordance korelasyon katsayısının 1'e oldukça yakın olduğunu (0,9363) iki cihazın en ince kornea kalınlığı ölçümleri arasında oldukça yüksek bir uyum olduğunu görebilmekteyiz. Yine santral kornea kalınlığında olduğu gibi bu iki cihaz arasındaki ilişki ve tutarlılık değerleri de 1'e yakın yüksek değerler olarak bulunmuştur.

Tablo 25. Asimetri indeksleri ile epitel kalınlık dağılımlarının korelasyonu

		SN-IT (2-5mm)	S-I (2-5mm)	SIf	SIb	EpiMin-Max	EpiSD
SN-IT (2-5mm)	r	1					
	P						
S-I (2-5mm)	r	0,822	1				
	P	<.001					
Slf	r	0,646	0,618	1			
	P	<.001	<.001				
Slb	r	0,676	0,644	0,958	1		
	P	<.001	<.001	<.001			
EpiMin-Max	r	-0,597	-0,54	-0,782	-0,792	1	
	P	<.001	<.001	<.001	<.001		
EpiSD	r	0,61	0,557	0,799	0,806	-0,719	1
	P	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	

r: Korelasyon katsayısı

Sirius cihazı asimetri indeksleri (SIf,SIb), RTVue cihazı asimetri indeksleri (SN-IT (2-5mm), S-I (2-5mm)), RTVue cihazı Epitel kalınlık aralığı(EpiMin-Max), Epitel kalınlık değişkenliği(EpiSD)

Tüm gruplardan elde edilen iki cihazın asimetri indeksleri birbirleriyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon saptanmıştır. En yüksek korelasyon SIb ve SN-IT (2-5 mm) arasında (r: 0,676; p: <.001) tespit edilmiştir.

RTVue cihazı ile elde edilen epitel kalınlık değerlerinin standart sapması (EpiSD) ile Sirius cihazı ile elde edilen asimetri indeksleri arasındaki korelasyon sırasıyla SIf ile r: 0,799 p: <.001; SIb ile r: 0,806 p: <.001 bulunmuştur. RTVue cihazı ile elde edilen epitel kalınlık değerlerinin aralığı (EpiMin-Max) ile Sirius cihazı ile elde edilen asimetri indeksleri arasındaki negatif korelasyon sırasıyla SIf ile r: 0,782 p: <.001; SIb ile r: 0,792 p: <.001 bulunmuştur. EpiSD ve EpiMin-Max değerlerinin RTVue cihazı ile elde edilen asimetri indeksleriye korelasyonu Sirius cihazı ile elde edilen asimetri indeksleri ile korelasyonuna göre daha düşük bulunmuştur.

5. TARTIŞMA

Keratokonus korneanın progresif olarak incelmesi ve dikleşmesi ile karakterize inflamatuar olmayan ektatik bir kornea hastalığıdır. Genellikle bilateral gözlenmekle birlikte asimetrik seyir gösterebilmektedir (1). Başlangıçta semptomlara neden olmayabileceği için spesifik topografik ve tomografik tetkikler yapılmazsa kolayca gözden kaçabilmektedir. Önceden tespit edilememiş erken evre keratokonus hastalığı, refraktif cerrahi sonrası gelişen ektaziler için en önemli risk faktörüdür. Korneal çapraz bağlama operasyonu, progresyonun önlenmesi amacıyla FDA onaylı bir tedavi seçeneğidir. Keratokonus hastalığını erken aşamalardayken durdurabilmek için hastalığın olabildiğince erken tespit edilebilmesi önemlidir. Bu nedenle henüz klinik bulguları ortaya çıkmadan keratokonusu erken evrelerinde yakalayabilmek için korneal topografi ve tomografi cihazlarından pratikte sıklıkla yararlanılmaktadır (2).

Literatürde altta yatan stromal bozukluklara bağlı olarak kornea epitelinin yeniden şekillendiği gösterilmiştir (3). Keratokonus hastalığının erken safhalarında da apeksteki bölgesel dikleşme, eşlik eden kornea epitelinin incelmesi ile kompanse edilmeye çalışılmaktadır. Klinik ve topografik bulgular ortaya çıkmadan bu epitel değişiklikleri tespit edilerek keratokonusu erken evrelerde yakalayabilmek amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır (4,84,90,101). Epitelin bu kompanse edici etkisi nedeniyle anterior korneadaki topografi değişiklikleri maskelenebilmektedir (4,90). Bu nedenle topografi ve tomografi parametreleriyle birlikte epitel haritalamasının kullanılması klinik pratikte faydalı olabilmektedir.

Bu çalışmada da Sirius cihazı (CSO, Florensa, İtalya) ile elde edilen topografi ve tomografi parametreleri ve RTVue cihazı (OptoVue, Fremont, CA) ile elde edilen pakimetri ve epitel haritaları verileri kullanılarak keratokonus şüphesi veya tanısı olan hastaları kontrol grubundan ayırabilmek, keratokonusu erken aşamada tespit edebilmek amacıyla kullanılabilecek parametrelerin gruplar arasındaki farklıları ve parametrelerin birbirleriyle ilişkisinin incelenmesi amaçlandı.

Keratokonus uyumlu (KK) gruptaki gözlerin tümünde retinoskopide makaslama reflesi, Vogt çizgileri, Fleischer halkası, Charleux'nun yağ damlacığı bulgusu, Rizutti işareti veya Munson bulgularından en az bir tanesi bulunmaktaydı. Amsler-Krumeich sınıflaması kullanılarak bu gözler sınıflandırıldığında 108 tanesi (%68,35) Evre I, 38 tanesi (%24,35) Evre II, 9 tanesi (%5,76) Evre III, 1 tanesi (%0,64) Evre IV keratokonus olarak tespit edildi. Daha önce korneal çapraz bağlama operasyonu geçirmiş olanların, kontakt lens kullanmış olanların çalışmaya dahil edilmemesi ileri evre keratokonus gözlerin oranının düşük olmasının nedeni olabilir.

Forme Fruste Keratokonus (FFK) grubu, diğer gözünde keratokonus olan ve K değeri >47 D, SRAX >21 derece, AB/IS paterninde I-S>1.4 D, AB/SS paterninde S-I>2.5 D, kornea kalınlığı <500 µm, en ince kornea noktasının santralden dislokasyonu, dikliğe eşlik eden elevasyon alanları gibi en az bir şüpheli topografi bulgusu olan ve klinik olarak keratokonus bulgusu saptanmayan gözlerden oluşmaktadır. Rabinowitz ve arkadaşlarının 1993 yılında 200 hastada yaptıkları bir çalışmada 8 hastada (%4) unilateral keratokonus tespit edilmiş. Bunların 7'sinde de erken keratokonus bulgusu olabilecek inferiorda dikleşme saptandığı belirtilmiştir (33). Li ve arkadaşlarının 2004 yılında yayınladığı prospektif bir çalışmada unilateral keratokonus tespit edilen 85 hastanın 30'unda klinik olarak tespit edilebilen keratokonus geliştiği tespit edilmiş ve bu hastaların öncesinde şüpheli topografi bulguları olduğu belirtilmiştir (6). Bu çalışmalar gibi literatürde keratokonusun asimetrik seyirli de olsa bilateral görülmesine dayanarak Forme Fruste Keratokonus grubundaki gözlerin keratokonusun başlangıç aşaması olarak değerlendirilebileceği düşünüldü.

Sirius cihazı ile elde edilen en ince kornea kalınlığı ve apeksteki kornea kalınlığı değerleri KŞ, FFK ve KK olan hastaları kontrol grubundan ayırmada faydalıydı, fakat FFK grubunu klinik keratokonustan ayırmada yeterli değildi. Santral kornea kalınlığı ise yalnız normal grubunu ayırmada etkili bulunmuştur; FFK, KK ve KŞ ayrımında faydalı değildir. Bu nedenle ektatik hastalık taramasında santral kornea kalınlığı değerine bakılabilir fakat progresyonu durdurucu tedavi tercihine karar verilirken en ince kornea kalınlığı ve apeksteki kornea kalınlığı değerlerine bakılması daha doğru olacaktır. Gharieb ve arkadaşlarının Sirius cihazı ile keratokonus ve normal grubu hastalarda yaptıkları çalışmada bizim çalışmamızda olduğu gibi en ince kornea

kalınlığı, apeksteki kornea kalınlığı ve santral kornea kalınlığı parametrelerinin üçü de bu iki grubu ayırmada istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu çalışmada en ince kornea kalınlığı keratokonuslu gözlerde 432 ± 53 µm, normal gözlerde 539 ± 35 µm olarak raporlanmış. Bizim çalışmamızda en ince kornea kalınlığı keratokonusta 453.85 ± 3.24 µm, normal gözlerde 539.07 ± 2.86 µm olarak bulundu. Apeksteki kornea kalınlığı keratokonuslu gözlerde 458 ± 52 µm, normal gözlerde 571 ± 53 µm olarak raporlanmış. Bizim çalışmamızda apeksteki kornea kalınlığı keratokonusta 472.85 ± 3.28 µm, normal gözlerde 580.06 ± 5.03 µm olarak bulundu. Santral kornea kalınlığı keratokonuslu gözlerde 450 ± 49 µm, normal gözlerde 542 ± 35 µm olarak raporlanmış. Bizim çalışmamızda apeksteki kornea kalınlığı keratokonusta 466.95 ± 3.18 µm, normal gözlerde 541.53 ± 2.79 µm olarak bulundu. Gharieb ve arkadaşlarının çalışmasında ROC analizi yapıldığında bu üç kalınlık değerinden en ince kornea kalınlığının en değerli olduğu bulunmuş. Çalışmaya dahil edilen keratokonus hastalarının evreleriyle ilgili bilgi verilmemiş fakat bizim çalışmamızla karşılaştırıldığında normal gözlerde benzer değerler elde edilmişken keratokonuslu gözlerde bizim çalışmamızdan düşük değerler elde edilmiş olmasından ötürü çalışmamıza kıyasla daha ileri evre keratokonus hastalarının dahil edildiği düşünülebilir (105).

Sirius cihazı ile elde edilen Kmax değeri 4 grubun ayrımı için de anlamlı bulunmuştur. Bu nedenle tarama, tanı, progresyon takibi ve tedavi tercihinde bu parametreden yararlanılabilir. Fakat kontrol grubunun medyan aralığına bakılırsa 52.17 D gibi çok yüksek Kmax değerlerinin normal gözlerde görülebilmesi bu değerin tek başına kullanılmaması gerektiğini göstermektedir. Yine aynı şekilde klinik keratokonus tanısı olan KK grubunun medyan aralığına bakılırsa 43.67 D gibi oldukça düşük Kmax değerlerinin keratokonuslu gözlerde görülebilmesi Kmax değerinin tek başına anlamlı olmadığını göstermektedir. Prakash ve arkaşlarının Sirius cihazı ile keratokonus, keratokonus şüpheli ve normal gözlerde yaptıkları çalışmada maksimum keratometri değerinin keratokonusun evrelemesi için değerli bir parametre olduğu gösterilmiştir. Keratokonus şiddeti arttıkça maksimum keratometri ve yüksek sıralı aberrasyon RMS değerleri artarken, ortalama kornea kalınlığı değerleri azalmaktadır. Yani keratokonus şiddeti artıkça kornea daha dik, daha düzensiz ve daha ince

olmaktadır (106). Bizim çalışmamızda da sırasıyla normal, KŞ, FFK ve KK gruplarının Kmax ortalama değerlerine bakılacak olursa istatistiksel olarak anlamlı şekilde Kmax değerleri artmaktadır.

Sirius cihazı ile elde edilen SimK, Anterior ve Posterior K değerleri tablolarına bakılacak olursa K2 yani daha dik olan eksenlerin grupların ayrımında daha değerli bilgiler verdiği yorumu yapılabilir. Müftüoğlu ve arkadaşlarının keratokonus, FFK ve kontrol grubu olmak üzere 3 gruptan oluşan çalışmalarında da FFK ve kontrol grubunun ayrımında Kf (flat-düz keratometri), Km (mean-ortalama keratometri) değerlerinde anlamlı fark bulunmazken Ks (steep-dik keratometri) değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuş (107). Reddy ve arkadaşlarının Sirius cihazı gibi Placido halka ve Scheimpflug görüntüleme tabanlı hibrit bir görüntüleme yöntemi olan Galilei cihazı (Ziemer AG) ile yapmış oldukları çalışmada erken keratokonus ile normal ayrımında ve keratokonus ile normal ayrımında hem anterior hem posterior keratometride dik K parametrelerinin AUC (Area Under Curve-eğrinin altında kalan alan) değerleri düz K parametrelerinden yüksek bulunmuş. Fakat erken keratokonus ile normal ayrımında en ince kornea kalınlığının AUC değeri keratometri parametrelerinden belirgin olarak daha yüksek bulunmuş. Yani keratometri parametreleri erken evre keratokonusun kontrol grubundan ayrımında en ince kornea kalınlığı parametresinden daha etkili değil şeklinde yorumlanabilir (108).

Sirius cihazında şekil indeksleri başlığı altında incelenebilen 8 mm'lik alandaki RMS/f, RMS/b, Anterior ve posterior Q değerlerinin tümünün 4 grubun da ayrımında istatistiksel olarak anlamlı olduğu söylenebilir. Sirius cihazının Phoenix (v.2.6) yazılımında keratokonus özet sayfasında verilen RMS değerlerinde 8 mm'lik alan tercih edildiği için biz de çalışmamızda 8 mm'lik alanı kullanmayı tercih ettik. Gharieb ve arkadaşlarının Sirius cihazı ile keratokonuslu ve normal grubu hastalarda yaptıkları çalışmada keratokonuslu gözlerdeki 8 mm'lik alanda BFTA referans alınarak elde edilen anterior RMS/A değeri keratokonuslu gözlerde 0.28 ± 0.33 µm, normal gözlerde 0.05 ± 0.02 µm; posterior RMS/A değeri keratokonuslu gözlerde 0.59 ± 0.47 µm, normal gözlerde 0.14 ± 0.05 µm olarak raporlanmıştır. Bizim çalışmamızda anterior RMS/A değeri keratokonuslu gözlerde 0.21 ± 0,11 µm, normal gözlerde 0.04 ± 0,02 µm; posterior RMS/A değeri keratokonuslu gözlerde 0.44 ± 0,18 µm, normal gözlerde

0.13 ± 0,04 μm olarak bulundu (Değerler ± standart sapma ile verilmiştir). 8 mm'lik alanda BFTA referans kabul edilerek elde edilen veriler çalışmamızla benzer sonuçlar içermektedir fakat Gharieb ve arkadaşlarının bu çalışmasında 6 ve 7 mm'lik alanlardan elde edilen verilerle 8 ve 9 mm'lik alanlardan elde edilen veriler karşılaştırıldığında daha yüksek doğruluk, sensitivite ve spesifite elde edilmiştir (105).

Normal kornea prolat şekildedir. Q değeri korneanın asferisite ölçeğidir, normal korneada santralden perifere doğru olan düzleşmeyi göstermektedir. Q'değerinin 0'dan küçük olması korneanın daha prolat olduğunu, Q değerinin 0'dan büyük olması korneanın daha oblat olduğunu gösterir (19). Literatürde normal kornealarda ortalama anterior Q değerinin -0,03 ve -0,33 aralığında olduğu gösterilmiştir (20). Keratokonus gibi santral korneanın periferik korneadan belirgin dik olduğu durumlarda korneanın şekli hiperprolat olmaktadır, bu durumda Q değeri yüksek negatif değerlerde olmaktadır (<-0,9) (21). Çalışmamız kontrol grubunda Anterior ve Posterior Q değerlerinin literatürle uyumlu şekilde (-0,03 ve -0,33) aralığında olduğu görülmektedir. Sırasıyla normal, KŞ, FFK ve KK gruplarının anterior ve posterior Q değerleri incelenecek olursa Q değerlerinin negatifliğinin giderek arttığı görülmektedir. Kontrol grubunda hiçbir hastanın Q değeri -0,9'dan küçük değilken, KŞ grubundan itibaren -0,9'dan daha negatif değerler görülmektedir. Literatürde belirtildiği gibi Q değerinin -0,9'dan daha küçük olması keratokonus taramasında kullanılabilir.

Sirius cihazında keratoconus screening (keratokonus tarama) başlığı altında incelenebilen Asimetri indekslerinin (SIf ve SIb) 4 grubun da ayrımında istatistiksel olarak anlamlı olduğu söylenebilir. Keratokonus hastalığı ilerledikçe korneanın inferiorunda superioruna kıyasla incelme olduğunun göstergesidir (88).

Keratokonus Verteks (KVf ve KVb) değerleri ön ve arka kornea yüzeylerinin en yüksek noktalarının yükseklikleri hakkında bilgi vermekte olup 4 grubun ayrımında da istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar vermiştir. Keratokonus hastalığı ilerledikçe ön ve arka elevasyonun arttığının göstergesidir (88). Gharieb ve arkadaşlarının Sirius cihazı ile keratokonuslu ve normal grubu hastalarda yaptıkları çalışmada keratokonuslu gözlerdeki KVf değeri 36.58 ± 21.81 μm, normal gözlerdeki KVf değeri

4.20 ± 1.71 µm; keratokonuslu gözlerdeki KVb değeri 86.00 ± 50.69 µm, normal gözlerdeki KVb değeri 11.30 ± 3.31 µm olarak raporlanmıştır. Bizim çalışmamızda keratokonuslu gözlerdeki KVf değeri 29.07 ± 16,06 µm, normal gözlerdeki KVf değeri 4.1 ± 1,98 µm; keratokonuslu gözlerdeki KVb değeri 65.35 ± 32,89 µm, normal gözlerdeki KVb değeri 10.39 ± 2,85 µm olarak bulundu (Değerler ± standart sapma ile verilmiştir). Normal gözlerde benzer sonuçlar elde edilmiş fakat keratokonuslu gözlerde Gharieb ve arkadaşlarının çalışmasında daha yüksek elevasyon değerleri elde edilmiş. Daha önce kornea kalınlıkları karşılaştırılırken belirtildiği üzere bu çalışmada bizim çalışmamıza göre daha ileri evre keratokonus hastaları değerlendirilmiş olabilir (105). Çalışmamızda değerlendirilen keratokonus hastaları daha erken evrelerde olmasına rağmen FFK ve KŞ gruplarından ayrımında KV değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı olan sonuçlar elde edilmiştir.

BCV değeri keratokonusun istatiksel olarak ortaya çıktığı bölgelerde Zernike'nin koma, trefoil ve sferik aberrasyon bileşenlerinin ortalamasının analizi ile yazılım sistemi tarafından hesap edilmektedir (88). Ön, arka ve total BCV değerleri de 4 grubun da birbirinden ayrımında yararlı olarak bulunmuştur. Gharieb ve arkadaşlarının Sirius cihazı ile keratokonuslu ve normal grubu hastalarda yaptıkları çalışmada BCVf değeri keratokonuslu gözlerde 3.79 ± 2.46, normal gözlerde 0.18 ± 0.20; BCVb değeri keratokonuslu gözlerde 3.88 ± 2.38, normal gözlerde 0.13 ± 0.19 olarak raporlanmıştır. Bizim çalışmamızda BCVf değeri keratokonuslu gözlerde 3.07 ± 1.81, normal gözlerde 0.11 ±0.17; BCVb değeri keratokonuslu gözlerde 3.13 ± 1.59, normal gözlerde 0.09 ± 0.14 olarak bulundu (Değerler ± standart sapma ile verilmiştir) (105).

Sirius cihazı ile elde edilen tetkikler ve Phoenix (v.2.6) yazılımı ile en ince noktadaki anterior ve posterior elevasyon, apeksteki anterior ve posterior elevasyon verileri manuel olarak hesaplanmıştır. Bu 4 veri de 4 grubun birbirinden ayrımında kullanılabilir. Fakat örneğin apeksteki anterior elevasyon değerlerini inceleyecek olursak normal grubunun medyan dağılımındaki minimum değerin (-2), KK grubunun medyan dağılımındaki minimum değer (-2) ile aynı olduğu göz önünde bulundurulursa bu parametreler tek başlarına kullanılmamalıdır. Saad ve arkadaşlarının normal, FFK ve keratokonuslu hastaları karşılaştırdıkları bir çalışmada normal gözlerle

kıyaslandığında FFK anlamlı ölçüde daha yüksek en ince noktada posterior elevasyon değerlerine sahip olduğu bulunmuştur (96). Bu bulgu literatürdeki parasantral kornea incelmesi bölgesindeki posterior elevasyon artışının subklinik keratokonusun erken bulgularından olabileceği fikrini desteklemektedir (109). Bizim çalışmamızda da en ince noktadaki anterior ve posterior değerleri tüm grupların karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Gharieb ve arkadaşlarının Sirius cihazı kullanarak keratokonus ve normal gözlerde yaptığı çalışmada 8 mm'lik alanda BFTA referans alındığında en ince noktadaki anterior elevasyon değeri keratokonusta 15.11 ± 12.73 μm, normal gözlerde 0.60 ± 0.88 μm; en ince noktadaki posterior elevasyon değeri keratokonusta 35.35 ± 29.63 μm, normal gözlerde 1.23 ± 1.56 μm olarak raporlanmış. Bizim çalışmamızda BFTA referans alındığında en ince noktadaki anterior elevasyon değeri keratokonusta 13.23 ± 0.71 μm, normal gözlerde 0.68 ± 0.09 μm; en ince noktadaki posterior elevasyon değeri keratokonusta 32.82 ± 1.6 μm, normal gözlerde 1.34 ± 0.19 μm olarak bulundu. Gharieb ve arkadaşlarının yaptığı bu çalışmada en yüksek AUC değeri sferik ve asferik yüzleriyle karşılaştırıldığın hem anterior hem posterior elevasyon değerleri için BFTA yüzeyde elde edilmiş (105). Smadja ve arkadaşlarının Galilei hibrit cihazı (Ziemer AG) ile yapmış oldukları çalışmada da BFTA referans yüzey ile elde edilen elevasyon değerlerinin normal ve FFK ayrımında BFS referans yüzeye göre daha etkili olduğu bulunmuş (80).

RTVue cihazı ile elde edilen kornea gücü verileri incelenecek olursa hem ön hem arka güç normal grubun diğerlerinden ayrımında etkiliyken KK grubununun FFK grubundan ayrımında arka güç değerleri daha anlamlı bulunmuştur.

RTVue cihazı ile elde edilen asimetri indeksi değerleri (SN-IT) ve (S-I) tüm grupların ayrımında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Qin ve arkadaşlarının RTVue cihazı kullanarak keratokonus ve normal gözlerin ayrımı için yaptığı çalışmada da OKT cihazı ile elde edilen pakimetri verileri (PakiMin, Min-Med, S-I, SN-IT) bizim çalışmamıza benzer şekilde keratokonus ve normal grubu arasında anlamlı bulunmuştur (110). Bu çalışmaya ek olarak SN-IT, S-I, Minimum-Median pakimetri

değerlerinin KK, FFK, KŞ ve normal grupların tümünün ayrımında anlamlı olduğu çalışmamızda gösterilmiştir.

RTVue cihazı ile elde edilen Minimum pakimetri değeri Sirius cihazı ile elde edilen en ince kornea kalınlığı ve apeksteki kornea kalınlığına benzer şekilde KK ile FFK grupları arasında benzer sonuçlar elde edildi. Yine FFK ile KŞ grupları da minimum pakimetri değerleri açısından birbirleriyle benzerdi. Fakat Normal grubunun minimum pakimetri verileri diğer 3 gruptan istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde farklı bulundu. KK, FFK ve KŞ gruplarındaki minimum pakimetri değeri kontrol grubuna göre belirgin ince olarak değerlendirildi. Minimum pakimetri değeri de keratokonus taramasında faydalı olabilir. Minimum pakimetri değerleri KK grubu (449.07 ± 3.22 μm) ile FFK (457.47 ± 5.24 μm) grubu arasında benzer bulundu. Bu iki grubun verileri de literatürde RTVue cihazı ile normal ve keratokonus karşılaştırması yapan çalışmalar ile uyumluydu (459.7± 50.5 μm). Çalışmamızda KŞ grubu (466.69 ± 4.61 μm) ile FFK grubu arasında da istatistiksel olarak benzer değerler tespit edildi. KŞ grubunun verileri de literatürdeki bu çalışmanın keratokonus grubu ile normal grubuna göre daha uyumluydu. Çalışmamızdaki normal grubunun minimum pakimetri değeri (527.26 ± 2.74 μm) istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde diğer 3 gruptan farklıydı. Ve bu sonuç literatürdeki bu çalışmanın normal grubu (530.4 ± 28.5 μm) ile uyumluydu (6). (Çalışmamız verileri verilirken standart sapma yerine standart hata verilmiştir.)

Minimum-Medyan pakimetri farklarının medyan değerleri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar içermektedir. Normalde kornea kalınlığı periferden santrale doğru kademeli olarak incelmektedir (3). Minimum-Medyan kornea kalınlığı farkının fazla olması bu fizyolojik paternin bozulmasına işaret edebilir. Minimum-Maximum pakimetri farklarının medyan değerleri incelendiğinde KK ile FFK grupları benzer olacak şekilde diğer iki gruptan belirgin olarak yüksek bir fark gözlenmektedir. Bu iki grupta bölgesel pakimetri incelme alanları olduğu düşünülmektedir.

RTVue cihazı ile elde edilen pakimetri haritalarından alınan verilerle oluşturulan pakimetri ortalama haritalarında Sirius cihazı ile elde edilen ortalama

apeksin konumu “*” işareti ile gösterilmiştir. Keratokonus tanılı KK grubunda apeksin santralden belirgin olarak uzaklaştığı görülmektedir.

Literatürle uyumlu şekilde KŞ ve normal grubunda en ince kornea kalınlığı santraldeyken perifere doğru kornea kalınlığı giderek artmaktadır. FFK ve KK grubundaysa en ince kornea kalınlığı santralde değil IT1 bölgesinde elde edilmiştir. Yine literatürle uyumlu şekilde tüm gruplarda kornea kalınlığı nazalde temporale, superiorda inferiora göre daha kalın izlenmektedir (3).

RTVue cihazı ile elde edilen epitel haritalarından alınan verilerle oluşturulan epitel ortalama haritalarında Sirius cihazı ile elde edilen ortalama apeksin konumu “*” işareti ile gösterilmiştir. 17 bölgeden en ince olan dört tanesi gri renkle ifade edilmiştir. Keratokonus tanılı KK grubunda ve FFK grubunda apeksin olduğu bölgede epitelin inceldiği ve çevresindeki bölgelerde epitelin kalınlaştığı görülmektedir. Apeksin üzerinde incelen 4 epitel bölgesinden 3’ü istatistiksel olarak anlamlı bölgelerdir. Yang ve arkadaşlarının RTVue cihazı kullanarak normal, subklinik, forme fruste ve manifest keratokonus olmak üzere 4 grup üzerinde yaptıkları çalışmada çalışmamızla benzer şekilde manifest keratokonus, FFK ve subklinik keratokonus hastalarında kornea kalınlığının en ince olduğu bölgelerin dağılımları santral, I1, IT1 ve T1 şeklindedir; epitel kalınlığının en ince olduğu bölgelerin dağılımları bu 3 grupta en ince kornea kalınlığıyla uyumlu olacak şekilde santral, I1, IT1 ve T1 bölgelerindedir. Bizim çalışmamızda KK ve FFK grubu bu en ince kornea kalınlığı ile uyumlu en ince epitel kalınlığı dağılımına uymakla birlikte, KŞ grubu IT1 ve T1 bölgeleri haricinde uyumlu bulunmamıştır. Bunun nedeni Yang ve arkadaşlarının çalışmasında değerlendirilen subklinik keratokonus grubunun FFK grubundan daha ileri evre olmasından kaynaklanıyor olabilir. Subklinik keratokonus grubunda PakiMin 458.5 ± 48.4 µm, PakiMin-Max -110.3 ± 15.3 µm, PakiSN-IT 68.8 ± 15.3 µm, EpiSD 4.8 ± 1.5 µm iken FFK grubunda PakiMin 490.3 ± 34.1 µm, PakiMin-Max -77.9 ± 22.7 µm, PakiSN-IT 43.2 ± 22.1 µm, EpiSD 2.5 ± 1.2 µm şeklinde raporlanmış. Bizim çalışmamızda KŞ grubunda PakiMin 466.69 ± 38,6 µm, PakiMin-Max -81.33 ± 26,55 µm, PakiSN-IT 37.31 ± 20,39 µm, EpiSD 2.8 ± 1,6 µm iken FFK grubunda PakiMin 457.47 ± 43,25 µm, PakiMin-Max -102.75 ± 37,81 µm, PakiSN-IT 54.88 ± 27,24 µm, EpiSD 3.91 ±

2,33 μm şeklindedir. Bizim çalışmamızdaki FFK grubu bu çalışmadan farklı olarak KŞ grubundan daha ileri evre kornealardan oluşmaktadır (111).

RTVue cihazı ile elde edilen minimum epitel kalınlığı değeri FFK ile KŞ grupları benzer olacak şekilde KK grubunda kontrol grubuna göre belirgin ince bulunmuştur. Maksimum epitel kalınlığı değeri KK ile FFK gruplarında benzer olacak şekilde KŞ ve kontrol gruplarına göre belirgin kalın bulunmuştur. Epitel kalınlığının standart deviasyonu tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar içermektedir. Yani epitel kalınlığı değerlerinin değişkenliği arttıkça keratokonus riski artmaktadır. FFK'un ve KŞ'nin kontrol grubundan ayrımında bu parametre faydalı olabilir. Minimum-Maksimum epitel kalınlığı arasındaki fark Normal, KŞ, FFK ve KK grupları incelendiğinde sırasıyla artmaktadır. KK grubunda minimum epitel kalınlığının diğer gruplara göre ince olması, maksimum epitel kalınlığının diğer gruplara göre kalın olması ve minimum maksimum farkının anlamlı olarak fazla olması bu kornealarda bölgesel incelme ve kalınlaşma alanları olduğunu düşündürmektedir.

Çalışmamızda RTVue cihazı ile elde edilen minimum epitel kalınlığı değeri FFK (44.79 ± 0.76 μm) ile KŞ grupları (46.14 ± 0.64 μm) benzer olacak şekilde KK grubunda (43.39 ± 0.4 μm) kontrol grubuna (49.8 ± 0.31 μm) ve FFK ile KŞ gruplarına göre belirgin ince bulunmuştur. Li ve arkadaşlarının RTVue cihazı kullanılarak normal ve keratokonuslu gözlerdeki korneal epitel kalınlığını değerlendirdikleri çalışmada da normal gözlerle (46.0 ± 4.3 μm) karşılaştırıldığında keratokonuslu gözlerde (40.0 ± 6.0 μm) minimum epitel kalınlığı istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde daha düşük bulunmuştur (6). Sirius cihazı ile elde edilen Kmax değerlerinin gruplar arasında anlamlı olacak şekilde sırasıyla normal, KŞ, FFK ve KK grubuna doğru arttığını da göz önünde bulundurursak apeks dikliği arttıkça minimum epitel kalınlığının daha ince olma eğiliminde olduğu yorumunu yapabiliriz (4,6,7). Maksimum epitel kalınlığı değeri KK ile FFK gruplarında benzer olacak şekilde KŞ ve kontrol gruplarına göre belirgin kalın bulunmuştur. Epitel kalınlığının standart deviasyonu tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar içermektedir. Minimum-Maksimum epitel kalınlığı arasındaki fark Normal (-6.27 ± 3,14 μm), KŞ (-12.01 ± 7,2 μm), FFK (-15.18 ± 8,61 μm) ve KK (-17.17 ± 6,85 μm) grupları incelendiğinde sırasıyla daha negatif

olmaktadır. Li ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da normal gözlerle (-8.8 ± 3.5 μm) karşılaştırıldığında keratokonuslu gözlerde (-18.7 ± 8.0 μm) anlamlı bir fark saptanmıştır (6). KK grubunda minimum epitel kalınlığının diğer gruplara göre ince olması, maksimum epitel kalınlığının diğer gruplara göre kalın olması ve minimum maksimum farkının anlamlı olarak fazla olması bu kornealarda bölgesel incelme ve kalınlaşma alanları olduğunu düşündürmektedir. Epitel Standart Deviasyon değerleri de çalışmamızda tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

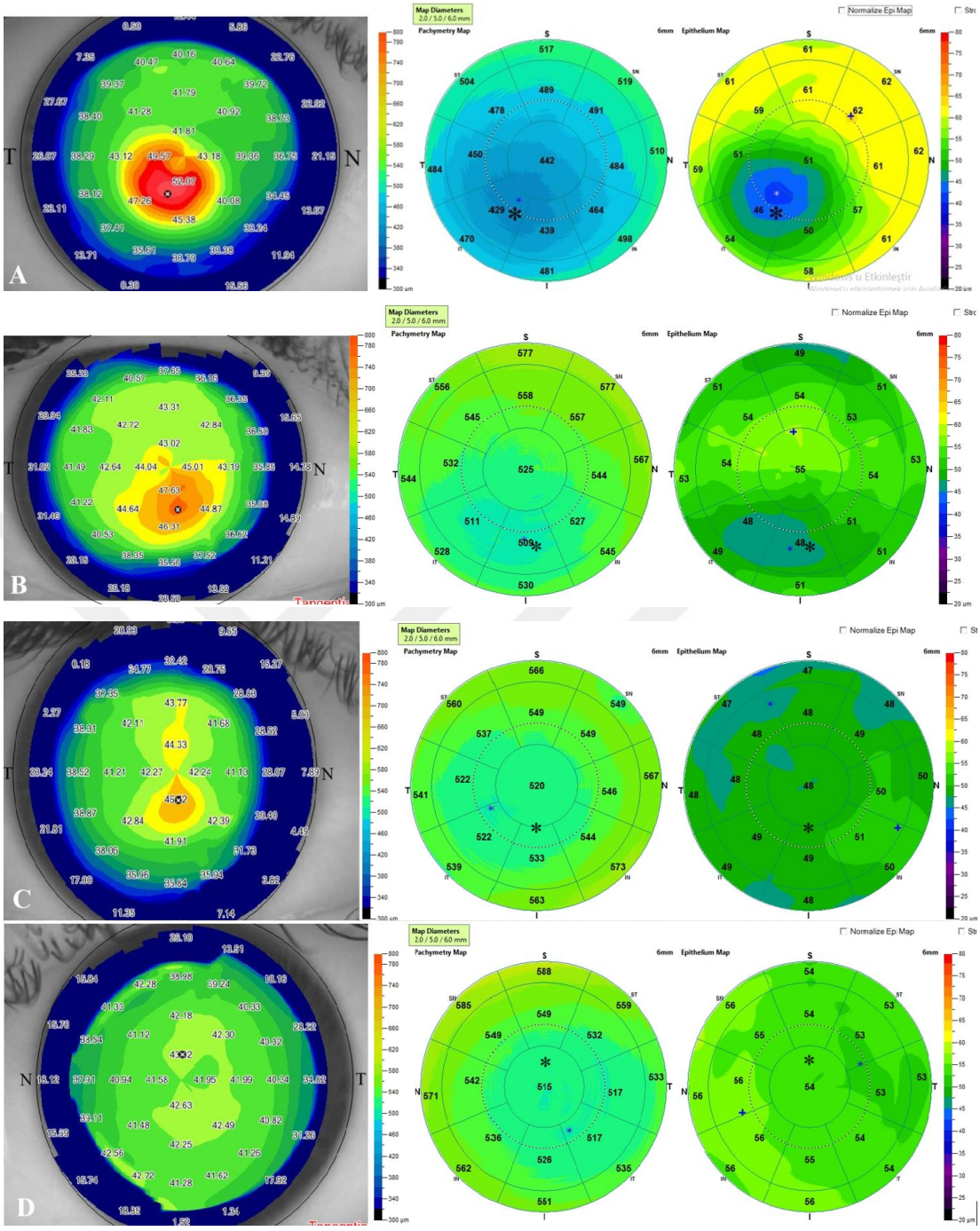
RTVue cihazı ile elde edilen epitel haritasındaki 17 bölgedeki veriler incelendiğinde Temporal 1, İnferotemporal 2, İnferior 2 ve İnferonazal 1 bölgeleri dışındaki 13 bölge 4 grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Li ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada santral ve superior epitel kalınlıkları arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Bizim çalışmamızda ise KK grubu (50.94 ± 0.38 μm) santralde daha ince olacak şekilde normal grubundan (53.36 ± 0.26 μm) belirgin farklı bulunmuştur. S1 ve S2 alanlarında ise KK grubu normal grubuna göre daha kalın bulunmuştur. I1 bölgesinde literatürdeki bu çalışmaya benzer şekilde KK grubu (50.94 ± 0.32 μm) normale göre (54.18 ± 0.27 μm) ince bulunmuştur. I2 bölgesinde ise anlamlı fark bulunmamıştır (4). Reinstein ve arkadaşlarının ultrasonik pakimetri kullanarak normal gözlerde yaptıkları çalışmada santral kornea epitel kalınlığını (53.4 ± 4.6 μm) bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da kalınlığı 3 μm olduğu tahmin edilen prekorneal göz yaşı film tabakasıyla birlikte değerlendirilmesine rağmen normal gözlerde benzer sonuçlar elde edilmiştir (112). Yine Reinstein ve arkadaşlarının çalışmasına benzer şekilde normal gözlerde inferior epitel superiora göre daha kalın bulunmuştur. Aynı çalışmada normal gözlerde epitel kalınlığı nazalde temporale göre daha yüksek bulunmuştur (4). Bizim çalışmamızdaki normal dahil tüm gruplarda nazal epitel kalınlıkları temporalden yüksek bulunmuştur.

Li ve arkadaşlarının keratokonuslu gözlerde normal gözlere kıyasla oluşturdukları patern standart deviasyon haritasına benzer şekilde çalışmamızdaki KK, FFK ve KŞ gruplarının ortalama epitel haritalarında ortalama epitel kalınlığının inferotemporalde daha ince superonazalde daha kalın olduğunu görmekteyiz (6). Ayrıca ortalama epitel haritalarında KK ve FFK gruplarında apeks üzerindeki epitelin daha ince çevresindeki epitelin daha kalın olduğu görülmektedir. Bu da Reinstein ve

arkadaşlarının apeks üzerinde ince epitel alanı ve çevresinde halka şeklinde kalın epitel alanı olarak tanımlanan donut paternine uymaktadır. Reinstein ve arkadaşlarının da belirttiği gibi epitel kalınlığındaki normalden sapmalar keratokonusun erken bir göstergesi olabilir (101). Minimum-Maksimum epitel kalınlığı, Epitel Standart deviasyonu epiteldeki bu normalden sapmaların objektif bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Nitekim bizim çalışmamızda da bu iki değer tüm grupların birbirinden ayrımında etkiliydi.

Temstet ve arkadaşlarının RTVue cihazı ile yapmış oldukları FFK hastalarında kornea epitel haritalaması çalışmasında minimum kornea kalınlığı dışında hiçbir OKT ile elde edilen epitel ve pakimetri değeri FFK'un kontrol grubundan ayrımında istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Reinstein ve arkadaşlarının tanımladığı donut paterni bu çalışmadaki FFK hastalarında belirlenememiştir (97). Bizim çalışmamızda OKT cihazı ile elde edilen tüm pakimetri ve epitel değerleri FFK'un kontrol grubundan ayrımında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ve ortalama epitel haritasında da görüldüğü gibi KŞ ve kontrol grubu hastalarından farklı olarak KK ve FFK grubu hastalarda donut paterni izlenmiştir. (Vaka örnekleri Şekil 17'de verilmiştir). Bu farklılık FFK hastaların seçiminden kaynaklanıyor olabilir. Temstet ve arkadaşlarının çalışmasında FFK kriterleri: 1. topografinin normal olması; 2. negatif tarayıcı-kesit korneal topografi indeksleri (K≤47 D ve I-S ≤ 1.4); 3. negatif Scheimpflug kamera indeksleri (KI <1.03, CKI<1.07 ve negatif topografik keratokonus sınıflaması; 4. normal biyomikroskopik muayene ve 5. diğer gözde keratokonus olması olarak belirlenmiştir (101). 4. ve 5.kriterler dışındaki kriterler bizim kriterlerimize uymamaktadır. Shirayama-Suzuki ve arkadaşlarının keratokonus şüpheli hastaların 10 yıllık süreçteki progresyonlarını izleyen çalışmalarında takiplerinde keratokonus gelişen hastaların başlangıç bulgularında da asimetri olduğu raporlanmıştır (113). Li ve arkadaşlarının bir gözünde keratokonus olan diğer gözü klinik olarak normal olan hastalarda yaptığı çalışmada da klinik olarak normal gözlerden keratokonus gelişenlerde öncesinde yüksek asimetri (I-S) ve KISA indeksi belirlenmiştir (104). Literatürde de FFK tanımında şüpheli topografi bulguları olduğu belirtilmiştir (74). Temstet ve arkadaşlarının çalışmasındaki FFK grubu daha çok unilateral keratokonus hastalarının normal gözü gibidir. Temstet ve arkadaşlarının bu

çalışmanın tartışma kısmında önerdikleri en ince kornea kalınlık bölgesine denk gelen epitel kalınlığındaki düşüşün FFK'un en erken bulgusu olabileceği hipotezi çalışmamız tarafından desteklenmektedir. Ortalama pakimetri haritalarına bakacak olursak KK ve FFK grubunun en ince kornea kalınlığı bölgesi IT1'dir, KŞ ve kontrol grubunun en ince kornea kalınlığı bölgesi Santral'dir. Ortalama epitel haritasında KK ve FFK grubunun en ince epitel kalınlığı bölgesi de IT1'dir. KŞ grubunun da en ince epitel bölgesi IT1'dir fakat en ince kornea bölgesi ile uyumlu değildir. Normal grubunun en ince epitel bölgesi S2'dir. En ince kornea kalınlık bölgesindeki epitel incelmesi KK ve FFK grubunun KŞ ve kontrol grubundan ayrımında ileri istatistiksel analizlerle desteklenerek kullanılabilir.



Şekil 17. Vaka örnekleri

A. KK grubundan örnek bir vakanın sırasıyla tanjansiyel kurvatür, pakimetri ve epitel haritası. Apeks, en ince kornea ve en ince epitel alanlarının uyumlu olduğu; epitel haritasında donut paterni belirgin olarak görülmektedir. **B.** FFK grubundan örnek bir vakanın sırasıyla tanjansiyel kurvatür, pakimetri ve epitel haritası. Apeks, en ince kornea ve en ince epitel alanlarının uyumlu olduğu; epitel haritasında donut paterni görülmektedir. **C.** KŞ grubundan örnek bir vakanın sırasıyla tanjansiyel kurvatür, pakimetri ve epitel haritası. Apeks, en ince kornea ve en ince epitel alanlarının uyumlu olmadığı görülmektedir. **D.** Kontrol grubundan örnek bir vakanın sırasıyla tanjansiyel kurvatür, pakimetri ve epitel haritası. Apeks, en ince kornea ve en ince epitel alanlarının uyumlu olmadığı görülmektedir.

Apeks lokasyonu topografi bilgilerine göre OKT haritalarında "✻" ile gösterilmiştir.

Kanellopoulos ve arkadaşlarının Pentacam (Oculus, Wetzlar, Almanya) ve RTVue cihazı kullanarak keratokonus ve normal gözleri karşılaştırdığı çalışmada Keratokonuslu gözlerde santral epitel kalınlığı 51.75±7.02 (36–72) μm, superior 55.57±6.79 (42–76) μm, inferior 49.65±5.54 (33–72), minimum 40.73±8.51 (19–60) μm, maksimum 63.54±8.85 (49–94) μm olarak bulunmuş. Bizim çalışmamızdaki KK grubunda santral epitel kalınlığı 50.94 ± 0.38 (35-64) μm, superior 55.29 ± 0.38 (46-69) μm, inferior 50.94 ± 0.32 (40-61) μm, minimum 43.39 ± 0.4 (28-55) μm, maksimum 60.5 ± 0.39 (47-77) μm olarak bulundu. Maksimum ve minimum epitel kalınlıkları dışındaki değerler benzer bulunmuştur, bu fark Kanellopoulos ve arkadaşlarının çalışmasına dahil edilen keratokonus hastalarında ileri evre keratokonus oranının fazla olmasından kaynaklanıyor olabilir. (40 hasta topografik keratokonus sınıflamasına göre ≤ 1'ken; 58 hasta ≥3'müş.). Kontrol grubunda santral epitel kalınlığı 52.54±3.23 (45–59) μm, superior 51.35±3.41 (44–60) μm, inferior 53.13±3.27 (45–59) μm, minimum 48.50±3.98 (28–57) μm, maksimum 55.33±3.67 (46–64) μm olarak bulunmuş. Bizim çalışmamızdaki normal grubunda santral epitel kalınlığı 53.36 ± 0.26 (47-59) μm, superior 52.17 ± 0.28 (45-59) μm, inferior 54.18 ± 0.27 (46-60) μm, minimum 49.8 ± 0.31 (34-55) μm, maksimum 56.07 ± 0.29 (49-64) μm olarak bu çalışma ile benzer bulundu (114). Aynı grubun daha önceki çalışmalarında raporlanan normal gözlerde superior epitelin inferiordan daha ince olduğu (115), bu çalışmada da gösterilmiş olup keratokonuslu gözler için tam tersi geçerlidir (114). Bizim çalışmamızda oluşturulan ortalama epitel haritalarına bakacak olursak normal ve KŞ grubunda superiordaki epitel kalınlığının inferiordan ince olduğunu, FFK ve KK grubunda inferiordaki epitel kalınlığının superiordan ince olduğunu görebiliriz. (S1,S2 ve I1 bölgelerindeki epitel kalınlıkları tüm gruplar karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.)

Sirius cihazı ile elde edilen santral kornea kalınlığı ile RTVue cihazı ile elde edilen pakimetri haritasındaki santral bölgenin pakimetri kalınlığı uyum açısından karşılaştırılmış ve Bland-Altman grafiği oluşturulmuştur. Grafikte de görülebildiği üzere santral kornea kalınlığı ortalamasının daha düşük olduğu KK grubunda 9,7756 μm daha ince ölçme eğilimindeyken, santral kornea kalınlığı ortalamasının daha yüksek olduğu Normal grubunda 6,16 μm daha kalın ölçme eğilimindedir. Bu

grafikten elde edilen Lin's concordance korelasyon katsayısının 1'e oldukça yakın olduğunu (0,9263) iki cihazın santral kornea kalınlığı ölçümleri arasında oldukça yüksek bir uyum olduğunu görebilmekteyiz. Yine de bu farklar göz önünde bulundurularak 2 cihaz arasında karşılaştırma yapılmalıdır. Mümkünse progresyon takibi için aynı cihaz kullanılmalıdır. Milla ve arkadaşları tarafından Sirius cihazı ve TD-OKT cihazı olan Visante cihazı (Zeiss, Dublin, CA) ile elde edilen santral kornea kalınlığı değerleri normal kornealarda karşılaştırılmış ve zayıf uyum bulunmuş. Sirius cihazı ile elde edilen veriler bizim çalışmamızda olduğu gibi normal kornealarda OKT'den daha yüksek bulunmuş. Güven aralığı bizim çalışmamızda normal grup için 4,3907 ile 7,9293 μm arasında iken literatürdeki bu çalışmada tüm gözler için 20,4 μm'nin üzerinde bulunmuş (116). Kim ve arkadaşlarının refraktif cerrahi öncesi normal hastalarda ultrasonik pakimetri, RTVue ve Pentacam cihazlarıyla yaptığı santral kornea kalınlığı karşılaştırması çalışmalarında santral kornea kalınlığı sırasıyla 546.9 ±34.7 μm, 547.2±34.8 μm ve 559.2 ±34.0 μm olarak raporlanmış. 3 cihaz arasında da korelasyon saptanmasına rağmen birbiriyle en uyumlu değerler ultrasonik pakimetri ve RTVue cihazı arasında bulunmuş. En büyük fark ise RTVue ve Pentacam cihazları arasında elde edilmiş, Pentacam cihazı normal gözlerde RTVue cihazından daha yüksek sonuçlar elde etmekteymiş (68). Bizim çalışmamızda RTVue cihazı ile elde edilen normal gözlerdeki santral kornea kalınlığı 535.37 ± 2.73 μm, Sirius cihazı ile elde edilen santral kornea kalınlığı 541.53 ± 2.79 μm olarak bulundu. Cihazlar birbirleriyle karşılaştırıldığında Kim ve arkadaşlarının çalışmasındaki normal gözlerin santral kornea kalınlığı değerlerinin daha yüksek olmasının nedeni refraktif cerrahiye uygun adaylar olmaları olabilir.

Sirius cihazı ile elde edilen en ince kornea kalınlığı ile RTVue cihazı ile elde edilen minimum pakimetri değerleri uyum açısından karşılaştırılmış ve Bland-Altman grafiği oluşturulmuştur. Grafikte de görülebildiği üzere en ince kornea kalınlığı ortalamasının daha düşük olduğu KK grubunda 4,7821 μm daha kalın ölçme eğilimindeyken, en ince kornea kalınlığı ortalamasının daha yüksek olduğu Normal grubunda 11,81 μm daha kalın ölçme eğilimindedir. FFK grubu için istatistiksel anlamlılık göstermemekle birlikte Sirius cihazı en ince kornea kalınlığı arttıkça RTVue cihazı ile karşılaştırıldığında daha yüksek ölçüm sonucu vermektedir diyebiliriz. Bu

grafikten elde edilen Lin's concordance korelasyon katsayısının 1'e oldukça yakın olduğunu (0,9363) iki cihazın en ince kornea kalınlığı ölçümleri arasında oldukça yüksek bir uyum olduğunu görebilmekteyiz. Yine santral kornea kalınlığında olduğu gibi bu iki cihaz arasındaki ilişki ve tutarlılık değerleri de 1'e yakın yüksek değerler olarak bulunmuştur. Bu farklar göz önünde bulundurularak iki cihaz arasında karşılaştırma yapılmalıdır. Mümkünse progresyon takibi için aynı cihaz kullanılmalıdır.

Tüm gruplardan elde edilen iki cihazın asimetri indeksleri birbirleriyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon saptanmıştır. En yüksek korelasyon SIb ve SN-IT (2-5 mm) arasında (r: 0,676; p: <.001) tespit edilmiştir.

RTVue cihazı ile elde edilen epitel kalınlık değerlerinin standart sapması (EpiSD) ile Sirius cihazı ile elde edilen asimetri indeksleri arasındaki korelasyon sırasıyla SIf ile r: 0,799 p: <.001; SIb ile r: 0,806 p: <.001 bulunmuştur. RTVue cihazı ile elde edilen epitel kalınlık değerlerinin aralığı (EpiMin-Max) ile Sirius cihazı ile elde edilen asimetri indeksleri arasındaki negatif korelasyon sırasıyla SIf ile r: 0,782 p: <.001; SIb ile r: 0,792 p: <.001 bulunmuştur. EpiSD ve EpiMin-Max değerlerinin RTVue cihazı ile elde edilen asimetri indeksleriye korelasyonu Sirius cihazı ile elde edilen asimetri indekleri ile korelasyonuna göre daha düşük bulunmuştur. Kanellopoulos ve arkadaşlarının Pentacam ve RTVue cihazı kullanarak keratokonus ve normal gözleri karşılaştırdığı çalışmada epitel kalınlık değişkenliği (EpiSD), epitel kalınlık aralığı (EpiMin-Max) ile Pentacam cihazı ile elde edilen IHD (Index of height decentration-Yükseklik Desentrasyon İndeksi), ISV (Index of Surface Variance-Yüzey Değişiklik İndeksi) indeksleri karşılaştırıldığında ikili gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler bulunmuş. Epitel kalınlık değişkenliği ile IHD arasındaki korelasyon katsayısı 0,58; epitel kalınlık değişkenliği ile ISV arasındaki korelasyon katsayısı 0,61; epitel kalınlık aralığı ile IHD arasındaki korelasyon katsayısı 0,53; epitel kalınlık aralığı ile ISV arasındaki korelasyon katsayısı 0,58 olarak raporlanmış (114). Bizim çalışmamızdaki OKT cihazı ile elde edilen epitel kalınlık dağılımları ile Sirius cihazı ile elde edilen asimetri indeksleri arasında daha yüksek korelasyon tespit edilmiştir.

6. SONUÇLAR

Refraktif cerrahi sonrası gelişen ektazi için preoperatif tespit edilemeyen ektazi veya ektazi şüphesi önemli bir risk faktörüdür (10). Sirius cihazı ile elde edilen parametreler keratokonusun normal gözlerden ayrımında oldukça yararlı olsa da hiçbir parametre %100 sensitivite ve spesifiteye sahip olmadığından tek başına yeterli değildir (105). Bunun için pek çok parametrinin bir arada değerlendirildiği indeksler farklı kornea topografi cihazları için geliştirilmiştir (85,86,87,88).

Post-LASIK ektazi riskini en aza indirmek amacıyla yeni parametreler, tanı algoritmaları, makine öğrenme yöntemleri ve yapay zekâ yöntemleri üzerinde çalışılmaktadır (111,117,118). Maeda ve arkadaşları diskriminant analizi ve sınıflandırma ağacı yöntemlerini kullanarak Placido halka tabanlı bir korneal topografi cihazı olan TMS-1 (Computed Anatomy, New York) videokeratoskopi cihazını kullanarak keratokonuslu gözlerin normal gözlerden ayrımında %89 sensitiviteye sahip olduğunu bulmuşlardır. Bu değer Arbeleaz ve arkadaşlarının bir makine öğrenmesi yöntemi olan Supported Vector Machine (Destek Vektör Makineleri) yöntemini kullanan Sirius cihazı (CSO, Florensa, İtalya) ile anterior kornea yüzeyini analiz ettikleri sensitivite değerine (%92) benzer bulunmuştur. Aynı yöntemi kullanarak anterior, posterior kornea yüzeyi ve pakimetrik veriler birlikte değerlendirildiğinde daha yüksek sensitivite değerleri (%95) elde edilmiştir (119,120). Anterior ve posterior kornea yüzeylerini birlikte değerlendirilme imkânı sağlayan kornea tomografi cihazları ve pakimetrik verilerin değerlendirilebildiği ön segment optik koherans tomografisi cihazlarının birlikte kullanılması yüksek sensitivite ve spesifite değerleri elde edilebilmesini sağlayabilir.

Bu çalışmada da Sirius (CSO, Florensa, İtalya) ve RTVue cihazı (OptoVue, Fremont, CA) ile değerlendirilen tüm parametreler keratokonus hastalarının kontrol grubundan ayrımında istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Sirius cihazı ile elde edilen maksimum keratometri değeri (Kmax), en ince noktadaki anterior ve posterior elevasyon, apeksteki anterior ve posterior elevasyon, şekil indeksleri (RMS/f,RMS/b,Anterior Q,Posterior Q), keratokonus tarama indeksleri (SIf,

SIb,KVf,KVb,BCVf,BCVb,BCVt) tüm grupların birbirinden ayrımında istatistiksel olarak anlamlı bulundu.

RTVue cihazı ile elde edilen 2-5 mm'de pakimetri SN-IT, S-I farkı, Minimum-Median pakimetri farkı, Epitel kalınlık standart deviasyonu (EpiSD), epitel kalınlık aralığı (EpiMin-Max) parametreleri de tüm grupların birbirinden ayrımında istatistiksel olarak anlamlı bulundu.

İki cihazın da ortak ölçtüğü en ince kornea kalınlığı ve santral kornea kalınlığı değerleri karşılaştırıldığında iki cihazın verileri birbiriyle uyumlu olmakla birlikte daha yüksek kornea kalınlıklarında literatürle uyumlu şekilde Sirius cihazının daha yüksek ölçüm yaptığı gösterildi.

Literatürle uyumlu şekilde korneanın dik olduğu bölgede keratokonus ve forme fruste keratokonus hastalarında epitel incelmesi ve çevresinde epitel kalınlaşması ortalama haritalar üzerinde gösterildi.

OKT cihazı ile elde edilebilen Epitel kalınlık aralığı (EpiMin-Max) ve Epitel kalınlık dağılımı (EpiSD) parametreleri ile asimetri indeksleri (SN-IT, S-I, SIf, SIb) arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon saptandı.

OKT cihazı ile elde edilen epitel kalınlık parametreleri ve epitel haritalarındaki bölgesel değişikliklerin korneal topografi ve tomografi parametreleri ile birlikte değerlendirilmesi keratokonus hastalarının ve özellikle forme fruste keratokonus gibi klinik bulgular göstermeyen başlangıç aşamasındaki keratokonus hastalarının kontrol grubundan ayrımında yararlıdır. İleri istatistiksel analizler yapılarak ve bu parametreler için "cut-off" değerleri belirlenerek klinik pratikte preoperatif refraktif cerrahi ve keratokonus takibinde kullanılabilir. Sınıflandırma ağacı yöntemi ile makine öğrenmesi ile keratokonus sınıflandırmasında efektif bir basamak olarak epitel haritası verileri kullanılabilir.

7. KAYNAKLAR

1. Krachmer JH, Feder RS, Belin MW. Keratoconus and related noninflammatory corneal thinning disorders. *Surv Ophthalmol*. 1984; 28: 293–322.

2. Gomes JA, Tan D, Rapuano CJ, et al; Group of panelists for the Global Delphi Panel of Keratoconus and Ectatic Diseases. Global consensus on keratoconus and ectatic diseases. *Cornea*. 2015; 34(4): 359-369.

3. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. Improved effectiveness of transepithelial PTK versus topography-guided ablation for stromal irregularities masked by epithelial compensation. *J Refract Surg*. 2013; 29: 526-533.

4. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. Corneal epithelial thickness profile in the diagnosis of keratoconus. *J Refract Surg*. 2009; 25: 604–610.

5. Sandali O, El Sanharawi M, Temstet C, Hamiche T, Galan A, Ghouali W, Goemaere I, Basli E, Borderie V, Laroche L. Four ier-domain optical coherencetomographyimaginginkeratoco nus; a corneal structural classification. *Ophthalmology*. 2013; 120: 2403–2412.

6. Li Y, Tan O, Brass R, Weiss JL, Huang D. Corneal epithelial thickness mapping by Fourier-domain optical coherence tomography in normal and keratoconic eyes. *Ophthalmology. 2012*; 119: 2425–2433.

7. Rocha KM, Perez-Straziota CE, Stulting RD, Randleman JB. SD-OCT analysis of regional epithelial thickness profiles in keratoconus, postoperative corneal ectasia and normal eyes. *J Refract Surg*. 2013 Mar; 29(3): 173-179.

8. Koh S. Topography and Tomography of Keratoconus. Das S. (eds). *Keratoconus*. Springer, Singapore. 2022.

9. Belin MW, Khachikan SS. An introduction to understanding elevation-based topography: how elevation data are displayed-a review. *Clin Experiment Ophthalmol*. 2009; 37(1): 14-29.

10. Ambrosio R Jr, Dawson DG, Salomao M, Guerra FP, Caiado ALC, Belin MW. Corneal ectasia after LASIK despite low preoperative risk: tomographic and biomechanical findings in the unoperated, stable, fellow eye. *J Refract Surg* 2010; 26: 906–911.

11. Ambrósio R Jr, Belin MW. Imaging of the cornea: Topography vs. Tomography. *J Refract Surg*. 2010; 26: 847–849.

12. Li Y, Chamberlain W, Tan O, Brass R, Weiss JL, Huang D. Subclinical keratoconus detection by pattern analysis of corneal and epithelial thickness maps with optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg.* 2016; 42: 284–295.

13. Forrester JV, Dick AD, McMenamin PG, Roberts F, Pearlman E. The Eye Basic Sciences in Practice. Chapter 1. Fifth Edition. Elsevier. 2021; 14-20.

14. Salmon JF. Kanski's Clinical Ophthalmology A Systematic Approach. Chapter 7. Ninth Edition. Elsevier. 2020; 204.

15. Fares U, Otri AM, Al-Aqaba MA, Dua HS. Correlation of central and peripheral corneal thickness in healthy corneas. *Cont Lens Anterior Eye*. 2012; 35: 39-45.

16. Aydın Akova Y, Aydın O'Dwyer P. Temel Göz Hastalıkları. Bölüm 22. 3. Baskı. Güneş Tıp Kitabevleri. 2015; 235-236.

17. Yanoff M, Duker JS. Ophthalmology. Chapter 4.1. Sixth Edition. Elsevier. 2023; 133-134.

18. DelMonte DW, Kim T. Anatomy and Physiology of the Cornea. *J Cataract Refract Surg*. 2011; 37: 588-598.

19. Calossi A. Corneal asphericity and spherical aberration. *J Refract Surg*. 2007; 23 (5): 505–514.

20. Lindsay R, Smith G, Atchison D. Descriptors of corneal shape. *Optom Vis Sci.* 1998; 75: 156-158.

21. Al-Sharify NT, Nser HY, Ghaeb NH, Al-Sharify ZT, See OH, Weng LY, Ahmed SM. Influence of different parameters on the corneal asphericity (Q value) assessed with progress in biomedical optics and imaging - A review. *Heliyon*. 2024 Aug 8; 10(16): e35924.

22. Wagoner MD. Chemical injuries of the eye: current concepts in pathophysiology and therapy. *Surv Ophthalmol* 1997; 41:275-313.

23. Hanna C, Bicknell DS, O'Brien JE. Cell turnover in the adult human eye. *Arch Ophthalmol*. 1961; 65: 695-698.

24. Gipson IK, Spurr-Michaud SJ, Tisdale AS. Anchoring fibrils form a complex network in human and rabbit cornea. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1987; 28: 212-220.

25. Toricelli AA, Singh V, Santhiago MR,Wilson SE. The corneal epithelial basement membrane: structure, function, and disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013; 54: 6390-6400.

26. Sridhar MS. Anatomy of Cornea and Ocular Surface. *Indian J Ophthalmol*. 2018; 66: 190-194.

27. Meek KM, Boote C. The Organization of collagen in the corneal stroma. *Exp Eye Res*. 2004; 78: 503-512.

28. Dua HS, Faraj LA, Said DG, Gray T, Lowe J. Human corneal anatomy refined: A novel pre-descemet's layer (Dua's layer). *Ophthalmology*. 2013; 120: 1778-1785.

29. Nishida T, Saika S, Morishige N. Cornea and sclera: anatomy and physiology. *Cornea*. Volume 1. Fourth Edition. Elsevier. 2017: 1-22.

30. Yee RW, Matsuda M, Schultz RO, Edelhauser HF. Changes in the normal corneal endothelial cellular pattern as a function of age. *Curr Eye Res.* 1985; 4: 671–678.

31. Bourne WM, Nelson LR, Hodge DO. Central corneal endothelial cell changes over a ten-year period. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1997; 38:779–782.

32. Teng CC: Electron Microscope Study of the Pathology of Keratoconus: part I. *Am J Ophthalmol* 55:18-47, 1963

33. Rabinowitz YS, Nesburn AB, McDonnell PJ. Videokeratography of the fellow eye in unilateral keratoconus. *Ophthalmology*. 1993; 100: 181-186.

34. Ertan A, Müftüoğlu O. Keratoconus clinical findings according to different age and gender groups. *Cornea*. 2008; 27(10): 1109-1113.

35. Bilgihan K, Hondur A, Sul S, Öztürk S. Pregnancy induced progression of keratoconus. *Cornea*. 2011; 30(9): 991-4.

36. Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Opthalmol*. 1998; 42(4): 297-319.

37. Hashemi H, Heydarian S, Hooshmand E,et al. The prevalence and risk factors for keratoconus: A Systemic Review and Meta-Analysis. *Cornea*. 2020; 39: 263-270.

38. Georgiou T, Funnell CL, Cassels-Brown A, O'Conor R. Influence of ethnic origin on the incidence of keratoconus and associated atopic disease in Asians and white patients. *Eye.* 2004; 18: 379–383.

39. Weed KH, MacEwen CJ, Giles T, Low J, McGhee CNJ. The Dundee University Scottish Keratoconus study: demographics, corneal signs, associated diseases, and eye rubbing. *Eye (Lond)*. 2008; 22(4): 534-541.

40. Gullen J, Butler HG. Mongolism (Down syndrome) and keratoconus. *Br J Ophthalmol.* 1963. 47: 321-330.

41. Elder M. Leber congenital amaurosis and its association with keratoconus and keratoglobus. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 1994. 31: 38-40.

42. Sugar J, Macsai M. What causes keratoconus?. *Cornea*. 2012; 31(6): 716-719.

43. Ezra DG, Beaconsfield M, Sira M, et al. The associations of floppy eyelid syndrome: a case control study. *Ophthalmology*. 2010; 117: 831–838.

44. Spoerl E, Raiskup-Wolf F, Kuhlisch E, et al. Cigarette smoking is negatively associated with keratoconus. *J Refract Surg*. 2008; 24: 737–740.

45. Sady C, Khosrof S, Nagaraj R. Advanced Maillard reaction and cross linking of corneal collagen in diabetes. *Biochem Biophys Res Commun*. 1995; 214: 793–797.

46. Kuo IC, Broman A, Pirouzmanesh A, et al. Is there an association between diabetes and keratoconus?. *Ophthalmology*. 2006; 113: 184–190

47. Naderan M, Jahanrad A, Balali S. Histopathologic findings of keratoconus corneas underwent penetrating keratoplasty according to topographic measurements and keratoconus severity. *Int J Ophthalmol*. 2017; 10(11): 1640-1646.

48. American Academy of Ophthalmology Basic Clinical and Science Course 2021-2022, Section 8, External Disease and Cornea, page 220-221.

49. Al-Mahrouqi H, Oraba SB, Al-Habsi S, Mundemkattil N, Babu J, Panchatcharam SM, Al-Saidi R, Al-Raisi A. Retinoscopy as a screening tool for keratoconus. *Cornea*. 2019; 38(4): 442-445.

50. Kim SK, Dohlman CH. Causes of enlarged corneal nerves. *Int Ophthalmol Clin*. 2004; 111(3): 440-446.

51. Vanathi M, Sidhu N. Classifications and Patterns of Keratoconus. Das S (eds). *Keratoconus*. New York: Springer Publishing. 2022, pp: 61-62.

52. Belin MW, Kundu G, Shetty N, Gupta K, Mullick R, Thakur P. ABCD: a new classification for keratoconus. *Indian J Ophthalmol*. 2020; 68(12): 2831-2834.

53. AAO PPP Cornea/External Disease Committee, Hoskins Center for Quality Eye Care. Preffered Practice Pattern Guidelines. *Corneal Ectasia*. American Academy of Ophthalmology; 2024.

54. Scheiner C. *O Oculus, hoc est: fundamentum opticum*. Austria: Innsbruck; 1619.

55. Helmholtz H. *Hanndbuch der physiologieschen optik*. Hamburg, Germany: Leopold Voss; 1909.

56. Javal L, Schiötz H. Un opthalmometre pratique. *Annales d'Oculistique*, Paris: 1881; 86: 5-21.

57. Placido A. Novo instrumente. *Cent Fur Prakt, Augenheilkd*. 1880; 30-31.

58. Maguire LJ, Singer DE, Klyce SD. Graphic presentation of computer-analyzed keratoscope photographs. *Arch Ophthalmol*. 1981; 99: 1261-1265.

59. Kanclerz P, Khoramnia R, Wang X. Current Developments in Corneal Topography and Tomography. *Diagnostics (Basel)*. 2021 Aug 13; 11(8): 1466.

60. Wang J, Rice DA, Klyce SD. A new reconstruction algorithm for improvement of corneal topographical analysis. *Refract Corneal Surg*. 1989; 5: 379.

61. Buehren T, Collins MJ, Iskander DR, et al. The stability of corneal topography in the post-blink interval. *Cornea*. 2001; 20: 826-833.

62. Auffarth GU, Wang L, Völcker HE. Keratoconus evaluation using the orbscan topography system. *J Cataract Refract Surg*. 2000; 26: 222-228.

63. Kim EJ, Martinez CE, Klyce SD, Weikert MP. Keratometry and Topography. *Cornea*. Volume 11. Fourth Edition. Elsevier 2017: 111-121.

64. Ang M, Baskaran M, Werkmeister RM, et al. Anterior segment optical coherence tomography. *Prog Retin Eye Res*. 2018; 66: 132-156.

65. Leitgeb, R., Hitzenberger, C., Fercher, A. Performance of fourier domain vs. time domain optical coherence tomography. *Optic Express*.2003; 11: 889–894.

66. Srivannaboon S, Chotikavanich S, Chirapapaisan C, Kasemson S, Pongam W. Precision analysis of posterior corneal topography measured by Visante Omni: repeatability, reproducibility, and agreement with Orbscan II. *J Refract Surg.* 2012; 28: 133–138.

67. Reinstein DZ, Yap TE, Archer TJ, Gobbe M, Silverman RH. Comparison of corneal epithelial thickness measurement between fourier-domain OCT and very high-frequency digital ultrasound. *J Refract Surg.* 2015; 31: 438–445.

68. Kim JS, Rho CR, Cho YW, Shin J. Comparison of corneal thickness measurements using ultrasound pachymetry, noncontact tonopachy, pentacam HR, and fourier-domain OCT. *Medicine.* 2021; 100: e25638.

69. Savini G, Schiano-Lomoriello D, Hoffer KJ. Repeatability of automatic measurements by a new anterior segment optical coherence tomographer combined with placido topography and agreement with 2 scheimpflug cameras. *J Cataract Refract Surg.* 2018; 44: 471–478.

70. Dingeldein SA, Klyce SD. The topography of normal corneas. *Arch Ophthalmol*. 1989 Apr; 107(4): 512-518. Erratum in: *Arch Ophthalmol.* 1989 May; 107(5): 644.

71. Wilson SE, Klyce SD, Husseini ZM. Standardized color-coded maps for corneal topography. *Ophthalmology*. 1993; 100: 1723-1727.

72. Ghemame M, Charpentier P, Mouriaux F. Corneal topography in clinical practice. *J Fr Ophthalmol*. 2019; 42: 439-451.

73. Rabinowitz YS, Yang H, Brickman Y, et al. Videokeratography database of normal human corneas. *Br J Ophthalmol.* 1996; 80: 610–616.

74. Klyce SD. Chasing the suspect: keratoconus. *Br J Ophthalmol*. 2009; 93(7): 845–848.

75. Henriquez MA, Hadid M, Izquierdo L Jr. A Systematic Review of Subclinical Keratoconus and Forme Fruste Keratoconus. *J Refract Surg*. 2020 Apr 1; 36(4): 270-279.

76. Mandell RB, Poise KA. Keratoconus: spatial variation of corneal thickness as a diagnostic test. *Arch Ophthalmol.* 1969; 82: 182-188.

77. Ambrosio R Jr, Alonso RS, Luz A, CocaVelarde LG. Corneal thickness in spatial profile and corneal-volume distribution: tomographic indices to detect keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2006; 32: 1851-1859.

78. Jafarinasab MR, Feizi S, Karimian F, Hasanpour H. Evaluation of corneal elevation in eyes with subclinical keratoconus and keratoconus using Galilei double Scheimpflug analyzer. *Eur J Ophthalmol*. 2013; 23: 377-384.

79. Ishii R, Kamiya K, Igarashi A, Shimizu K, Utsumi Y, Kumanomido T. Correlation of corneal elevation with the severity of keratoconus by means of anterior and posterior topographic analysis. *Cornea*. 2012; 31: 253-258**.**

80. Smadja D, Santhiago MR, Mello GR, Krueger RR, Colin J, Touboul D. Influence of the reference surface shape for discriminating between normal corneas, subclinical keratoconus, and keratoconus. *J Refract Surg*. 2013; 29: 274-281.

81. Patrão LF, Canedo AL, Azevedo JL, Correa R, Ambrósio R Jr. Differentiation of mild keratoconus from corneal warpage according to topographic inferior steepening based on corneal tomography data. *Arq Bras Oftalmol*. 2016 Jul-Aug; 79(4): 264-267.

82. Boscia F, La Tegola MG, Alessio G, Sborgia C. Accuracy of Orbscan optical pachymetry in corneas with haze. *J Cataract Refract Surg*. 2002; 28(2): 253-258.

83. Nakagawa T, Maeda N, Higashiura R, Hori Y, Inoue T, Nishida K. Corneal topographic analysis in patients with keratoconus using 3-dimensional anterior segment optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg.* 2011 Oct; 37(10): 1871-1878.

84. Li Y, Meisler DM, Tang M, Lu AT, Thakrar V, Reiser BJ, Huang D. Keratoconus diagnosis with optical coherence tomography pachymetry mapping. *Ophthalmology.* 2008 Dec; 115(12): 2159-2166.

85. Villavicencio OF, Gilani F, Henriquez MA et al. Independent population validation of the Belin/Ambrosio enhanced ectasia display: implications for keratoconusstudies and screening. *Int J Kerat Ect Cor Dis.* 2014; 3: 1–8.

86. Belin MW, Villavicencio OF, Ambrósio RR Jr. Tomographic parameters for the detection of keratoconus: suggestions for screening and treatment parameters. *Eye Contact Lens*. 2014 Nov; 40(6): 326-330.

87. Saad A, Gatinel D. Validation of a new scoring system for detection of early form of keratoconus corneas. *Int J Keratoconus Ectatic Cor Dis.* 2012; 1: 100-108.

88. Doctor K, Vunnava KP, Shroff R, Kaweri L, Lalgudi VG, Gupta K, et al. Simplifying and understanding various topographic indices for keratoconus using Scheimpflug based topographers. *Indian J Ophthalmol.* 2020; 68: 2732-2743.

89. Shetty R, Rao H, Khamar P, et al. Keratoconus screening indices and their diagnostic ability to distinguish normal from ectatic corneas. *Am J Ophthalmol.* 2017; 181: 140–148.

90. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M, Silverman RH, Coleman DJ. Epithelial thickness in the normal cornea: three-dimensional display with Artemis very high-frequency digital ultrasound. *J Refract Surg*. 2008; 24: 571-581.

91. Mathew JH, Goosey JD, Bergmanson JP. Quantified histopathology of the keratoconic cornea. *Optom Vis Sci*. 2011; 88(8): 988-997.

92. Tsubota K, Mashima Y, Murata H, et al. Corneal epithelium in keratoconus. *Cornea*. 1995; 14(1): 77-83.

93. Chi HH, Katzin HM, Teng CC. Histopathology of keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 1956; 42: 847–860.

94. Sykakis E, Carley F, Irion L, Denton J, Hillarby MC. An in depth analysis of histopathological characteristics found in keratoconus. *Pathology*. 2012; 44(3): 234-239.

95. Schallhorn JM, Tang M, Li Y, Louie DJ, Chamberlain W, Huang D. Distinguishing between contact lens warpage and ectasia: Usefulness of optical coherence tomography epithelial thickness mapping. *J Cataract Refract Surg*. 2017 Jan; 43(1): 60-66.

96. Saad A, Gatinel D. Topographic and tomographic properties of forme fruste keratoconus corneas. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2010; 51: 5546–5555.

97. Temstet C, Sandali O, Bouheraoua N, Hamiche T, Galan A, El Sanharawi M, Basli E, Laroche L, Borderie V. Corneal epithelial thickness mapping using Fourier-domain optical coherence tomography for detection of form fruste keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2015; 41: 812–820.

98. Gatinel D, Racine L, Hoang-Xuan T. Contribution of the corneal epithelium to anterior corneal topography in patients having myopic photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg*. 2007; 33: 1860–1865.

99. Tanabe T, Oshika T, Tomidokoro A, et al. Standardized color coded scales for anterior and posterior elevation maps of scanning slit corneal topography. *Ophthalmology*. 2002; 109: 1298–1302.

100. Arntz A, Dura´n JA, Pijoa´n JI. Diagnostico del queratocono sub clini subclınico por topografıa de elevacion. [Subclinical keratoconus diagnosis by elevation topography.] *Arch Soc Esp Oftalmol.* 2003; 78: 659–664.

101. Reinstein DZ, Gobbe M, Archer TJ, Silverman RH, Coleman DJ. Epithelial, stromal, and total corneal thickness in keratoconus: three-dimensional display with artemis very-high frequency digital ultrasound. J Refract Surg. 2010 Apr; 26(4): 259-271.

102. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. Stability of LASIK in topographically suspect keratoconus confirmed non-keratoconic by Artemis VHF digital ultrasound epithelial thickness mapping: 1-year follow-up. *J Refract Surg*. 2009; 25: 569-577.

103. Vega-Estrada A, Mimouni M, Espla E, Alió Del Barrio J, Alio JL. Corneal epithelial thickness intrasubject repeatability and its relation with visual limitation in keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2019; 200: 255-262.

104. Li X, Rabinowitz YS, Rasheed K, Yang H. Longitudinal study of the normal eyes in unilateral keratoconus patients. *Ophthalmology* 2004; 111(3): 440–446.

105. Gharieb HM, Othman IS, Oreaba AH, Abdelatif MK. Topographic, elevation, and keratoconus indices for diagnosis of keratoconus by a combined Placido and Scheimpflug topography system. *Eur J Ophthalmol*. 2021 Jul; 31(4): 1553-1562.

106. Prakash G, Suhail M, Srivastava D. Predictive analysis between topographic, pachymetric and wavefront parameters in keratoconus, suspects and normal eyes: creating unified equations to evaluate keratoconus. *Curr Eye Res*. 2016; 41(3): 334-342.

107. Muftuoglu O, Ayar O, Ozulken K, Ozyol E, Akıncı A. Posterior corneal elevation and back difference corneal elevation in diagnosing forme fruste keratoconus in the fellow eyes of unilateral keratoconus patients. *J Cataract Refract Surg*. 2013 Sep; 39(9): 1348-1357.

108. Reddy JC, Rapuano CJ, Cater JR, Suri K, Nagra PK, Hammersmith KM. Comparative evaluation of dual Scheimpflug imaging parameters in keratoconus, early keratoconus, and normal eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2014 Apr; 40(4): 582-592.

109. Schlegel Z, Hoang-xuan T, Gatinel D. Comparison of and correlation between anterior and posterior corneal elevation maps in normal eyes and keratoconus-suspect eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2008; 34: 789–795.

110. Qin B, Chen S, Brass R, Li Y, Tang M, Zhang X, Wang X, Wang Q, Huang D. Keratoconus diagnosis with optical coherence tomography–based pachymetric scoring system. *J Cataract Refract Surg*. 2013 Dec;3 9(12): 1864-1871.

111. Yang Y, Pavlatos E, Chamberlain W, Huang D, Li Y. Keratoconus detection using OCT corneal and epithelial thickness map parameters and patterns. J Cataract Refract Surg. 2021 Jun 1; 47(6): 759-766.

112. Azartash K, Kwan J, Paugh JR, et al. Pre-corneal tear film thickness in humans measured with a novel technique. *Mol Vis* [serial online]. 2011; 17: 756–767.

113. Shirayama-Suzuki M, Amano S, Honda N, Usui T, Yamagami S, Oshika T. Longitudinal analysis of corneal topography in suspected keratoconus. *Br J Ophthalmol*. 2009 Jun;93(6): 815-819.

114. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. OCT corneal epithelial topographic asymmetry as a sensitive diagnostic tool for early and advancing keratoconus. *Clin Ophthalmol*. 2014 Nov 18; 8: 2277-2287.

115. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. In vivo three-dimensional epithelial imaging of corneal epithelium in normal eyes by anterior segment optical coherence tomography: a clinical reference study. *Cornea*. 2013; 32(11):1493–1498.

116. Milla M, Piñero DP, Amparo F, Alió JL. Pachymetric measurements with a new Scheimpflug photography-based system: intraobserver repeatability and agreement with optical coherence tomography pachymetry. *J Cataract Refract Surg*. 2011 Feb; 37(2): 310-316.

117. Lin 2019. Lin SR, Ladas JG, Bahadur GG, Al-Hashimi S, Pineda R. A Review of Machine Learning Techniques for Keratoconus Detection and Refractive Surgery Screening. *Semin Ophthalmol*. 2019;34(4): 317-326.

118. Lopes 2018. Lopes BT, Ramos IC, Salomão MQ, Guerra FP, Schallhorn SC, Schallhorn JM, Vinciguerra R, Vinciguerra P, Price FW Jr, Price MO, Reinstein DZ, Archer TJ, Belin MW, Machado AP, Ambrósio R Jr. Enhanced Tomographic Assessment to Detect Corneal Ectasia Based on Artificial Intelligence. *Am J Ophthalmol*. 2018 Nov; 195: 223-232.

119. Maeda N, Klyce SD, Smolek MK, Thompson HW. Automated keratoconus screening with corneal topography analysis. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1994 May; 35(6): 2749-2757.

120. Arbelaez MC, Versaci F, Vestri G, Barboni P, Savini G. Use of a support vector machine for keratoconus and subclinical keratoconus detection by topographic and tomographic data. Ophthalmology. 2012 Nov;119(11): 2231-2238.

8. ÖZGEÇMİŞ

I-Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı: Aslıhan BİÇER SAKİN

Doğum yeri ve tarihi:

Uyruğu: T.C.

Medeni durumu:

İletişim adresi:

Yabancı dili: İngilizce, İspanyolca

II-Eğitimi

Mart 2023 – Hâlen: S.B.Ü. Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi

Ocak 2021 – Mart 2023: Hacettepe Üniversitesi Hastanesi Göz Anabilim Dalı

2013-2019: Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi (İngilizce)

2009-2013: Ankara Fen Lisesi

2006-2009: Yılmaz Akansu İlköğretim Okulu (Kayseri)

2005-2006: Kadir Has İlköğretim Okulu (Kayseri)

2002-2005: Özel Harput Koleji (Elazığ)