

EGE TIP



ayın kitabı

KERATOKONUSTA TANI

Sayı
151

Editör

Doç. Dr. Özlem BARUT SELVER

KERATOKONUSTA TANI

Editör
Doç. Dr. Özlem Barut Selver

151

KERATOKONUSTA TANI

EDİTÖR

Doç. Dr. Özlem Barut Selver

E-ISBN:978-605-338-435-9

Ege Üniversitesi Yönetim Kurulu Toplantısının 06.06.2023 tarih ve 10 sayılı kararı ile yayınlanmıştır.

© Bu kitabın tüm yayın hakları Ege Üniversitesi'ne aittir. Kitabın tamamı ya da hiçbir bölümü yazarının önceden yazılı izni olmadan elektronik, optik, mekanik ya da diğer yollarla kaydedilemez, basılamaz, çoğaltılamaz. Ancak kaynak olarak gösterilebilir.

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Sertifika No. 52149

Ege Üniversitesi Yayınları

Ege Üniversitesi Basım ve Yayınevi

Bornova -İzmir

Tel: 0 232 342 12 52

E-posta: basimveyayinevisbm@mail.ege.edu.tr

Yayın Link

<https://basimveyayinevi.ege.edu.tr>

Yayın Tarihi: ARALIK 2023

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayın Alt Kurulu

Başkan:

Prof. Dr. Okan BİLGE

Üyeler:

Prof. Dr. Ayşegül AKGÜN

Prof. Dr. Yiğit UYANIKGİL

Prof. Dr. İlkben GÜNÜŞEN

Doç. Dr. Cenk ERASLAN

Doç. Dr. Ayşe GÜLER

Doç. Dr. Çığır Biray AVCI

Doç. Dr. İpek KAPLAN BULUT

Doç. Dr. Gökay ÖZÇELTİK

Yazışma Adresi

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Yayın Alt Kurulu
Yayın Bürosu
Bornova, 35100-İZMİR

Tel : (0 232) 390 3103

Tel : (0 232) 390 3186

Fax : (0 232) 342 2142

e-posta : egedergisi35@gmail.com

YAZARLAR

Dr. Seray Şahin

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları
Anabilim Dalı

Doç. Dr. Özlem Barut Selver

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları
Anabilim Dalı

Prof. Dr. Melis Palamar Onay

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları
Anabilim Dalı

Prof. Dr. Hüseyin Onay

Multigen Genetik Hastalıklar Değerlendirme Merkezi

Doç. Dr. Banu Yaman

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Patoloji Anabilim Dalı

Doç. Dr. Handan Duman

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve
Hastalıkları Anabilim Dalı, Çocuk İmmünolojisi Bilim
Dalı

Prof. Dr. Ali Rıza Cenk Çelebi

Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi Göz
Hastalıkları Anabilim Dalı

ÖNSÖZ

Keratokonus çeşitli semptom ve bulgularla ortaya çıkabilen ve toplumda sık görülen bir hastalıktır. Erken dönemde tanınıp etkin tedavi uygulanması, gelişebilecek oküler morbiditelerin önlenmesini sağlamaktadır. Hastalık progresyonu ile oluşabilecek komplikasyonlar körlük ile sonuçlanabilmektedir. Erken tanı ve doğru tedavinin prognoz üzerine etkisi büyük önem taşımaktadır.

Keratokonusa ait klinik bulgular ve korneal tomografi yöntemleri bir arada değerlendirilmektedir. Hastaların keratokonus şüphesi bulunduğu andan itibaren takip edilmesi ve bütüncül bir şekilde değerlendirilmesi prognoz açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle kaleme aldığımız bu kitapta, keratokonusta semptom ve bulguları, tanı yöntemlerini vurgulamayı amaçlamaktayız.

Bu bağlamda Ayın Kitabı serisinin basımına olanak sağlayan Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı'na, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayın Alt Kurulu Başkan ve üyelerine ve Yayın Bürosu çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Doç. Dr. Özlem BARUT SELVER

İzmir, 2023

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1: Giriş ve Kornea Anatomisi1

Dr. Seray Şahin

Doç. Dr. Özlem Barut Selver

Prof. Dr. Melis Palamar Onay

Bölüm 2: Keratokonusta Epidemiyoloji, Patofizyoloji ve Genetik.....7

Dr. Seray Şahin

Doç. Dr. Özlem Barut Selver

Prof. Dr. Melis Palamar Onay

Prof. Dr. Hüseyin Onay

Doç. Dr. Banu Yaman

Bölüm 3: Keratokonusta Klinik Bulgular ve Muayene Yöntemleri.....19

Dr. Seray Şahin

Doç. Dr. Özlem Barut Selver

Prof. Dr. Melis Palamar Onay

Doç. Dr. Handan Duman

Bölüm 4: Korneal Topografi Prensipleri ve Keratokonusta Topografik Haritalar33

Dr. Seray Şahin

Doç. Dr. Özlem Barut Selver

Prof. Dr. Melis Palamar Onay

**Bölüm 5: Korneal Tomografide Parametreler
ve Haritaların Yorumlanması.....41**

Dr. Seray Şahin

Doç. Dr. Özlem Barut Selver

Prof. Dr. Melis Palamar Onay

**Bölüm 6: Korneal Tomografi İndeksleri ve
Keratokonusta Ayırıcı Tanı.....53**

Dr. Seray Şahin

Doç. Dr. Özlem Barut Selver

Prof. Dr. Melis Palamar Onay

Bölüm 7: Keratokonus ve Yapay Zeka69

Prof. Ali Rıza Cenk Çelebi

BÖLÜM 1

GİRİŞ VE KORNEA ANATOMİSİ

Dr. Seray Şahin

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Doç. Dr. Özlem Barut Selver

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Prof. Dr. Melis Palamar Onay

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

1. GİRİŞ

Keratokonus görme azlığına yol açan asimetrik, progresif, ektatik bir hastalıktır. Sıklıkla bilateral izlenir, ektatik korneanın asimetrik olarak koni şeklini alması olarak tanımlanır (1, 2).

Keratokonus ve ektatik hastalıklar 150 yıldan uzun zamandır bilinmektedir (1, 3). Ancak son 2 dekada bu hastalıkların tanı ve yönetiminde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Korneal topografi ve son dönemde korneal tomografinin yaygınlaşmasıyla daha erken dönemde tanı konulabilir hale gelmiştir (4).

Genel popülasyonda keratokonus prevalansı yaklaşık 1/2000 olarak saptanmıştır (5). Keratokonus tipik olarak adolesan dönemde başlar ve sıklıkla hayatın 3-4. dekadına kadar progrese olur (2).

2. KORNEA ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ

Kornea transparan avasküler bir dokudur ve beş tabakadan oluşmaktadır. Bu tabakalar; epitel tabakası, Bowman

tabakası, stroma, Descement membranı ve endotel tabakasıdır (6).

Yetişkin bireylerde horizontal kornea uzunluğu 11-12 mm iken vertikal kornea uzunluğu 10-11 mm'dir. Kornea kalınlığı merkezde yaklaşık 540 μm 'dir ve korneanın arka yüzeyi ön yüzeyinden daha kavisli olduğundan kornea periferine doğru kalınlık artış gösterir (6, 7). Kornea asferik yapıdadır ancak kornea ön yüzeyi merkezi kısmı sfero-silindirik konveks ayna olarak tanımlanır. Korneanın refraktif indeksi 1,376 olarak hesaplanmıştır. Ön santral korneanın ortalama eğrilik yarıçapı 7,8 mm'dir ve bu kornea ön yüzeyi için 43, 25 diyoptri güç üretmektedir. Normal bir insan gözünün toplam diyoptrik gücü 58,60 D'dir ve bu değerlerin %74'ü kornea tarafından sağlanır (6). Kornea aynı zamanda optik sistemdeki astigmatizmanın ana kaynağıdır.

Normal insan korneasının asferotorik yapısının doğal bir sonucu olarak horizontal aksı daha düz vertikal aksı daha diktir. Bu anatomi ve vertikal aks dikliği yaklaşık -0,50 D kurala uygun astigmatizma yaratır (8).

Kornea avasküler yapıda olduğu için beslenmesi aköz humörden glikoz difüzyonu ile göz yaşı tabakasından oksijen difüzyonu ile gerçekleşir ve metabolik ürünler de aynı şekilde uzaklaştırılır. Ek olarak periferik korneanın beslenmesi limbal dolaşımdan da sağlanır (9).

Kornea innervasyonu uzun siliyer sinirler ve subepitelyal pleksus ile gerçekleşir. Subepitelyal ve derin stromal pleksus trigeminal sinirin oftalmik dalından ayrılırlar. Kornea yüzeyindeki sinir uçları yoğunluğu vücuttaki en yüksek yoğunluktadır ve konjonktivanın yaklaşık 100 kat fazlasına denk gelmektedir (9).

Epitel tabakası; kornea epiteli 1-2 sıra superfisyel skuamöz hücre, 2-3 sıra kanat hücre tabakası ve en içte kolumnar bazal hücre tabakası olmak üzere 4-6 tabakadan oluşur. Bazal hücre tabakası hemidesmozomlarla bazal membrana bağlanır. 40-50 μm kalınlığındadır. Epitel ve göz yaşı filmi

optik olarak pürüzsüz bir yüzey oluşturur. Superfisyal epitel hücreleri arasındaki sıkı bağlantılar, göz yaşı sıvısının stromaya girmesini önler. Korneal kök hücreler korneoskleral limbusta Vogt palizatlarında yer alır (9). Limbal kök hücrelerin proliferasyonu, daha sonra superfisyal hücrelere farklılaşan diğer tabakaları oluşturur. Farklılaşmış hücrelerin matürasyon ile dış yüzeyleri mikrovilli ile kaplanır ve daha sonra göz yaşı içine dökülür. Farklılaşma süreci yaklaşık 7-14 gün sürer. Bazal epitel hücreleri, tip IV kollajen, laminin ve diğer proteinlerden oluşan 50 nm kalınlığında bir bazal membran salgılar. Kornea saydamlığı, epitel hücrelerinin sıkı bir şekilde paketlenmesine bağlıdır ve bu sıkı bağlantı tek tip kırılma indeksi ve minimum ışık saçılımı olan bir tabaka oluşmasını sağlar (6).

Bowman tabakası; stroma tabakasının önünde yer alır. Önceden bir zar olarak kabul edilen tabakanın kalınlığı 15 µm'dir ve kollajen fibriller ile korneanın şeklinin korunmasına yardımcı olur. Hücresiz bir tabakadır ve hasar oluştuğunda yenilenme yeteneği yoktur (9).

Stroma tabakası; toplam kornea kalınlığının yaklaşık %90'ını oluşturur (6). Saydam bir kornea için stromal hücrelerin (keratositler), liflerin ve hücre dışı matrisin düzenli dizilmesi gereklidir. Keratositler, stroma boyunca boyut ve yoğunluk bakımından farklılık gösterir ve kornea boyunca 3 boyutlu bir ağ oluşturur (9).

Stroma tabakası kollajen ve proteoglikanlardan oluşan hücre dışı matristen oluşur. Tip 1, Tip 5 ve Tip 6 fibriller kollajenler iç içedir. Başlıca proteoglikanlar ise dermatan sülfat ve keratan sülfattır (6).

Kornea saydam yapısı stroma su içeriğinin %78'de sabit tutulmasına bağlıdır. Kornea hidrasyonu sağlam endotel hücrelerinin Na-K ATPaz bağımlı iyon kanalları ile gerçekleşir. Kornea hidrasyonu anteriordan posteriora değişir ve endotele yaklaştıkça artar (6).

Descemet membranı; korneal endotelin bazal membranıdır. Doğumda kalınlığı 3 μm 'dir ve erişkinlikte 11-12 μm olacak şekilde artar. Korneanın arka kısmında yeni bir tabakanın varlığı (pre-Descemet tabaka veya Dua tabakası) bildirilmiştir. Bu tabaka derin anterior lameller keratoplasti sırasında önemli olabilir. Schwalbe çizgisi, Descemet membranının sonunu ve trabeküler ağın başlangıcını tanımlayan gonyoskopik bir işarettir (6, 10).

Endotel tabakası; nöroektodermal kökenlidir, kornea posterior yüzeyinde yer alır ve çoğunlukla hegzagonal şekilli hücrelerdir. Mozaik patern gösteren birbirine yakın hücrelerden oluşan tek sıralı bir tabaka oluşturur. Endotel hücrelerinin yoğunluğu periferde en yüksektir. Santral endotel hücre yoğunluğu yaşla birlikte ortalama yaklaşık %0,6/yıl oranında azalır, 15 yaşında yaklaşık 3400 hücre/ mm^2 yoğunlukta iken 85 yaşında yaklaşık 2300 hücre/ mm^2 'ye düşer. Normal santral endotel hücre sayısı 2000 ile 3000 hücre/ mm^2 arasındadır. 500 hücre/ mm^2 yoğunluğun altına düştüğünde kornea ödemi oluşma riski artar (6, 7).

Endotel hücreleri iyon kanalları aracılığıyla osmotik basınç ile stromadan aköz hümöre su çekerek kornea saydamlığını oluşturur. Endotelin bariyer ve pompa fonksiyonları, klinik olarak florofotometri ve pakimetri ile ölçülebilir. Endotel ayrıca besinler ve diğer moleküllerin aköz hümörden transportu için geçirgen olmalıdır. Azalmış endotel hücre yoğunluğu alanlarında geçirgenlik artar ve pompa fonksiyonu azalır. Ancak klinik olarak ödem görülmeyebilir.

KAYNAKLAR

1. Rabinowitz YS. Keratoconus. Surv Ophthalmol. 1998;42(4):297-319.
2. Mas Tur V, MacGregor C, Jayaswal R, O'Brart D, Maycock N. A review of keratoconus: Diagnosis, pathophysiology, and genetics. Surv Ophthalmol. 2017;62(6):770-83.

3. Krachmer JH, Feder RS BM. Keratoconus and related non-inflammatory corneal thinning disorders. *Surv Ophthalmol.* 1984;28:293–322.
4. Belin MW, Villavicencio OF, Ambrósio RR. Tomographic parameters for the detection of keratoconus: suggestions for screening and treatment parameters. *Eye Contact Lens.* 2014;40(6):326–30.
5. Kennedy RH, Bourne WM DJ. A 48-year clinical and epidemiologic study of keratoconus. *Am J Ophthalmol.* 1986;101:236–73.
6. Weisenthal RW, Daly MK, Freitas D de, Feder RS. American Academy of Ophthalmology 2019–2020 Basic and Clinical Science Course- External Disease and Cornea. San Francisco USA, American Academy of Ophthalmology; 2019; 1-453.
7. Brar VS. American Academy Of Ophthalmology. 2019-2020 BCSC (Basic and Clinical Science Course), Section 02: Fundamentals and Principles of Ophthalmology. San Francisco USA, American Academy of Ophthalmology; 2019; 1-546.
8. Guner U. Keratokonusun Topografi Temelli Tanı ve Tedavisi. Türkiye, Dünya Tıp Kitapevi, 2015;1-132.
9. Salmon JF. KANSKI'S Clinical Ophthalmology A Systematic Approach. 9th ed. Cambridge, Elsevier, 2020;1-956.
10. Dua HS, Faraj LA, Said DG, Gray T LJ. Human corneal anatomy redefined: a novel pre-Descemet's layer (Dua's layer). *Ophthalmology.* 2013;120(9):1778–85.

BÖLÜM 2

KERATOKONUSTA EPİDEMİYOLOJİ, PATO FİZYOLOJİ VE GENETİK

Dr. Seray Şahin

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Doç. Dr. Özlem Barut Selver

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Prof. Dr. Melis Palamar Onay

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Prof. Dr. Hüseyin Onay

Multigen Genetik Hastalıklar
Değerlendirme Merkezi

Doç. Dr. Banu Yaman

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Patoloji Anabilim Dalı

1. KERATOKONUSTA EPİDEMİYOLOJİ

Keratokonus cinsiyetten bağımsız olarak korneal stromal incelme ile karşımıza çıkan, bilateral, progresif, non-inflamatuvar bir hastalıktır (1, 2). Bildirilen prevalans oranları 20/100.000 ile 1/500.000 arasında değişmektedir (3–5). Bunlar çevresel, genetik ve etnik faktörlere göre değişir ve prevalans oranları farklı ırklarda da farklılık gösterir (6). Genel popülasyonda insidans yaklaşık 1/2000 olarak

bildirilmiştir ve yaygın görülen bir hastalıktır (1). Godefrooij ve ark. Hollanda'da yaptıkları çalışmada insidansı 1/7500 olarak saptamışlardır (7). Bildirilen farklı oranlar yapılan çalışmalarda farklı tanı kriterleri kullanılmasına ve farklı tanımlama şekillerine bağlı olabilir. Bununla birlikte kornea topografisinin günümüzde kullanımının artması ve keratokonusun daha erken tanınmasıyla ilerleyen yıllarda daha yüksek insidans ve prevalans oranları bildirilmesi beklenmektedir.

Keratokonus, ektazik korneanın koni şekline geldiği, bilateral, asimetric, progresif bir hastalıktır. Tipik olarak adolesan dönemde ortaya çıkar ve yaşamın 3-4. dekadına kadar progresyon gösterir. İki cinsiyeti de etkilemektedir, erkekler ve kadınlar arasında önemli fark olup olmadığı belirsizdir. Bazı çalışmalarda cinsiyetler arasında fark izlenmezken bazılarında erkeklerin daha sık etkilendiği, bazı çalışmalarda da kadınlarda daha sık görüldüğü bildirilmiştir (8-12).

Keratokonus etiyolojisi hala tam olarak aydınlatılamamıştır. Multifaktöriyel bir hastalık olduğu, çevresel, biyokimyasal, genetik faktörlerden etkilendiği bilinmektedir (10, 13). Semptomların başlangıcı ergenlik ve genç erişkinlik döneminde olabilir. Görmede azalma, korneal astigmatizma, yüksek sıralı aberasyonlar ile kendini gösterebilir (14).

Keratokonus, gelişmiş ülkelerde keratoplastinin en yaygın nedenidir. Vakaların %12-20'sinde korneal transplantasyon ihtiyacı gelişebilir (15-17). Ancak günümüzde korneal kollajen çapraz bağlama yönteminin yaygınlaşmasıyla keratoplasti oranı azalmaktadır (18, 19).

Keratokonus, izole olarak veya diğer oküler ve sistemik hastalıklarla birlikte bulunabilir. Atopi, vernal hastalıklar, Down sendromu, retinitis pigmentosa, Turner sendromu, Marfan sendromu, Ehlers- Danlos sendromu, Osteogenesis imperfecta, Psödoksantoma elastikum gibi bağ doku hastalıkları keratokonus ile görülebilen hastalıklara örnek

sayılabilir (2, 18, 19). İlerlemiş keratokonusu olan hastalarda mitral valv prolapsusu insidansı %58 olarak bildirilmiştir (11). Keratokonus ile gözleri kaşıma, alerjik göz hastalıkları ve kontakt lense bağlı tekrarlayan travmalar arasında güçlü ilişki bulunmaktadır (2, 11). Keratokonus vakalarının %8-10'unda kalıtsal bileşen ve aile öyküsü bulunmaktadır (7, 20).

2. KERATOKONUSTA PATOFİZYOLOJİ VE GENETİK

Keratokonus, çevresel faktörlerin tetiklediği genetik yatkınlığın bir sonucu olarak ortaya çıkabilmektedir. Keratokonusun toplumda prevalansı yüksek olmasına rağmen hücresel etiyojisi tam olarak anlaşılammıştır. Genetik, genomik, biyomolekül analizleri ve gen ekspresyon analizleri hastalığın multifaktöriyel kökenli olduğunu düşündürmektedir. Hastalığın başlamasına ve ilerlemesine sebep olabilen dış faktörlerle sporadik olarak ortaya çıkabileceği düşünülmektedir (19).

Multifaktöriyel bir hastalık olan keratokonus çeşitli biyokimyasal basamaklar sonucu gelişir. Korneal kurvatürde değişimle sonuçlanan santral veya parasantral stromal incelme ile karakterizedir. Keratosit yoğunluğunda azalma ve stromadaki fibroblastların yapılarında bozulma izlenir. Özellikle protrüde olan bölgenin çevresinde düzensiz dizilen kollajen fibriller bulunur (20–22).

Keratokonusta meydana gelen stromal incelmenin, artan proteinaz enzim aktivitesi ile azalan proteinaz inhibitörleri sonucu dengenin bozulması ve kollajen yıkımı ile biyomekanik stabilitenin bozulması nedeniyle gerçekleştiği düşünülmektedir (23). Ayrıca kollajenin azalıp kaybolmadığı, lameller arasında yer değiştirerek diziliminin değiştiği yönünde de düşünceler mevcuttur (24).

Keratokonus patogenezinde ilk teorilerden biri ilk hasarın endotel tabakasında görülmesi ve sonrasında proteolitik

enzimlerin salınmasıyla birlikte stromal kollajenlerin yıkımı ve korneal incelleme ile sonuçlanması yönündedir. Ancak ışık mikroskobu ile Bowman tabakasındaki çatlaklar, stromal incelleme gibi diğer katmanlardaki değişiklikler de izlenmektedir. Endotel hücresel pleomorfizmindeki değişim büyük olasılıkla kontakt lens kaynaklı hipoksi ve mekanik strese sekonderdir (25–27).

Yapılan çalışmalarda keratokonusta stromal kollajen içeriğinin azaldığı ancak kollajen tip dağılımında ve çapraz bağlanma paternlerinde belirgin değişim olmadığı gösterilmiştir (18, 28, 29).

Keratokonusta kornealarda dekorin, lumikan, keratokan gibi proteoglikanların azaldığı gösterilmiştir. Bu proteoglikanlar fibriller kollajenlerin biyomekanik olarak güçlü, şeffaf ve kırıcı olmasını sağlar. Ayrıca TGF- β konsantrasyonlarının da azaldığı saptanmıştır (30).

Keratokonusun genetik yönü üzerinde çalışmalar devam etmektedir. İlişkili olabileceği düşünülen birçok gen mutasyonu öne sürülmüştür (19). OMIM veritabanında keratokonus ile ilişkili 9 alt tip tanımlanmıştır ve bunların 7 tanesinin [geni bellidir \(https://www.omim.org/phenotypicSeries/PS148300\)](https://www.omim.org/phenotypicSeries/PS148300).

Keratokonusta tablosuna sebep olan tek gen bozukluklarının tamamı otozomal dominant olarak kalıtılmaktadır. Keratokonus etiyojijisinde etkisi olan ve rolü kanıtlanmış olan genler şunlardır: *VSX1*, *KTCN3*, *KTCN5*, *KTCN6*, *KTCN7*, *KTCN8* ve *TUBA3D*. Ailesel keratokonus tablosuna sebep olan bu genler dışında GWAS (Genom Boyu Asosiyasyon Çalışması) çalışmalarında saptanan çok sayıda yatkınlık geni saptanmıştır.

VSX 1 (Visual system homeobox 1) geni 20p11-q11 lokusunda yerleşir, kraniofasial ve oküler gelişimde rol oynar. Posterior polimorfov distrofide (PPCD) etkili olduğu bilinmektedir (31, 32). PPCD ve keratokonus birbiriyile ilişkilidir ve *VSX1* mutasyonunun PPCD ve keratokonus

gelişiminde etkili olduğu bildirilmiştir. VSX1'deki iki mutasyonun (R166W ve L159M) keratokonus ile ilişkili olduğu öne sürülmektedir. VSX1 geni retinal nükleer tabaka, embriyonik kraniofasial dokular gibi çeşitli dokulardan eksprese edilir (31–33). Ancak birçok çalışmada keratokonuslu hastalarda herhangi bir VSX1 mutasyonu tanımlanmamıştır (34–36). VSX1 mutasyonlarının keratokonus patogeneğinde nasıl rol oynadığı henüz bilinmemektedir ve bu mutasyon keratokonuslu hastaların çok az kısmını etkilemektedir. Bu durum keratokonustaki genetik heterojenite ile ilişkilidir (19, 34, 37).

DOCK9 (dedicator of cytokinesis 9) keratokonus ile ilişkili olabilecek olası genlerden birisidir. Ekspresyon paternleri keratokonuslu ve sağlıklı kornealarda izlenmiştir. DOCK9 dışında **IPO5 (importin 5)** ve **STK24 (serin/treonin kinaz 24)** aynı lokusta yerleşir ve insan korneasında eksprese edilirler. Keratokonus patogeneğindeki rollerini belirlemek için detaylı ekspresyon analizleri gereklidir (38, 39).

TGFB-I (transforming growth factor beta-induced) birçok dominant kornea distrofisinde rol oynayan bir sitokindir. Doku hasarı ve onarımı sırasında ekstrasellüler matris oluşumunun düzenleyicisidir. Şiddetli keratokonus vakalarında TGFB yolağı markerlarında artış izlenmiştir (40, 41).

SOD-1 (superoxide dismutase 1) geninin keratokonusta potansiyel rolü olabileceği çeşitli yayınlarda belirtilmiştir (42). SOD-1 major sitoplazmik antioksidan enzimdir ve oksijen radikalleriyle oluşacak toksisitenin engellenmesinden sorumludur (43). Keratokonus progresyonunda oksidatif stresin rol oynadığı kabul edilmektedir (44, 45). Birçok yayında keratokonuslu kornealarda sitotoksik yan ürünler, mitokondriyal DNA hasarı ve yüksek oksidatif stres seviyeleri gösterilmiştir (46, 47). SOD-1 aday gen olarak seçilmiş ve çeşitli çalışmalarda incelenmiştir ancak keratokonuslu hastalarda mutasyon saptanmamıştır (35,48). SOD-1'in keratokonus patogeneğinde rol oynayıp

oynamadığı günümüzde belirsizdir ve araştırmalar devam etmektedir.

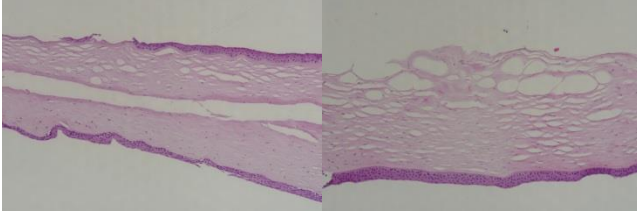
Son zamanlarda keratokonus ve erken başlangıçlı anterior polar kataraktlı bir ailede miR-184 mutasyonu tespit edilmiştir (49). Ancak etkisinin tam olarak anlaşılması için tekrarlayan çalışmalara ihtiyaç vardır.

Keratokonus patogenezinde kollajen yapısı, işlevi ve embriyolojik gelişiminin değişmiş olabileceği dūřünülmektedir. Bu nedenle **COL4A3** ve **COL4A4** mutasyonları araştırılmış ancak keratokonuslu hastalarda bu mutasyonlar saptanmamıştır. Bu nedenle kollajen mutasyonlarının rolü tartışmalıdır (34).

Keratosit apoptozu sırasında kornea epitel hūresi tarafından salınan interlökin-1 (IL-1) keratokonuslu korneaların %60'ında bildirilmiştir (48, 50). Korneal hasar sonrası keratinositlerden eksprese olan HGF (hepatocyte growth factor) ve proinflamatuvar sitokin olan IL-6 düzeyi keratokonuslu hastalarda artmıştır (34).

Yapılan genetik çalışmalar keratokonusun klinik değişkenliğe sahip olduğunu ve poligenik kalıtım modeli olduğunu olduğunu öne sürmüştür. Hastalığa yatkınlık yaratan mutasyonlar belirtilmiştir ancak keratokonusu genetik heterojenite olduğu dūřünülmektedir. Tam ekzom ve genom analizleri keratokonusun kesin patolojisinin anlaşılmasını sağlayacak ve tedavi yöntemleri geliştirilmesine yardımcı olacaktır (51).

Tüm bu patofizyoloji ve genetik bilgiler ışığında keratokonusu korneanın histopatolojik değişikliklerini incelediğimizde, genel olarak Bowman tabakasında düzensizlik ve stromal kalınlıkta incelleme görölmektedir. Mikroskobik değişiklikler minimal olabileceği gibi ağır değişiklikler şeklinde izlenebilir (Resim-1 ve Resim-2). İzlenebilen diğer değişiklikleri ise Descement membran rüptürü, korneal ödem ve intraepitelyal demir birikimi oluşturmaktadır (52).



Resim-1 ve Resim-2. Keratokonusta stroma kalınlığında incelleme alanları, stromada dejeneratif değişiklikler ve bazal membran düzensizliği (H&E x 100, x200)

KAYNAKLAR

1. Kennedy RH, Bourne WM DJ. A 48-year clinical and epidemiologic study of keratoconus. *Am J Ophthalmol.* 1986;101:236–73.
2. Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol.* 1998;42(4):297–319.
3. Jonas JB, Nangia V, Matin A, Kulkarni M, Bhojwani K. Prevalence and Associations of Keratoconus in Rural Maharashtra in Central India: The Central India Eye and Medical Study. *Am J Ophthalmol.* 2009;148(5):760–5.
4. Waked N, Fayad AM, Fadlallah A, El Rami H. Dépistage du k ratoc ne dans une population universitaire au Liban. *J Fr Ophtalmol.* 2012;35(1):23–9.
5. Gorskova EN, Sevost'ianov EN. Epidemiologija keratokonusa na Urale. *Vestn Oftalmol.* 1998;114(4):38–40.
6. Gordon-Shaag A, Millodot M, Essa M, Garth J, Ghara M, Shneur E. Is consanguinity a risk factor for keratoconus? *Optom Vis Sci.* 2013;90(5):448–54.
7. Godefrooij DA, Ardine de Wit G, Uiterwaal CS. Age- specific incidence and prevalence of keratoconus: a nationwide registration study. *Am J Ophthalmol.* 2017;176:169–72.
8. Georgiou T, Funnell CL, Cassels-Brown A, O'Connor R. Influence of ethnic origin on the incidence of keratoconus and associated atopic disease in Asians and white patients. *Eye.* 2004;18(4):379–83.

9. Millodot M, Shneor E, Albou S, Atlani E, Gordon-Shaag A. Prevalence and Associated Factors of Keratoconus in Jerusalem: A Cross-sectional Study.[Internet]. 2011 Apr [cited 2021 Nov 29];18(2):91–7. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/09286586.2011.560747>
10. Pearson AR, Soneji B, Sarvananthan N, Sanford-Smith JH. Does ethnic origin influence the incidence or severity of keratoconus? *Eye*[Internet]. 2000;14(4):625–8. Available from: <https://www.nature.com/articles/eye2000154>
11. Krachmer JH, Feder RS BM. Keratoconus and related non-inflammatory corneal thinning disorders. *Surv Ophthalmol*. 1984;28:293–322.
12. Li X, Rabinowitz YS, Rasheed K YH. Longitudinal study of the normal eyes in unilateral keratoconus patients. *Ophthalmology*. 2004;111:440–6.
13. Arnal E, Peris-Martínez C, Menezo JL, Johnsen-Soriano S, Romero FJ. Oxidative Stress in Keratoconus? *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011;52(12):8592–7.
14. Chang HYP, Chodosh J. The Genetics of Keratoconus.[Internet]. 2013 Sep [cited 2021 Nov 29];28(5–6):275–80. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/08820538.2013.825295>
15. Lass JH, Lembach RG, Park SB, et al. Clinical Management of Keratoconus: A Multicenter Analysis. *Ophthalmology*. 1990;97(4):433–45.
16. Pramanik S, Musch DC, Sutphin JE, Farjo AA. Extended Long-term Outcomes of Penetrating Keratoplasty for Keratoconus. *Ophthalmology*. 2006;113(9):1633–8.
17. Wagner H, Barr JT, Zadnik K. Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study: Methods and findings to date. *Contact Lens Anterior Eye*. 2007;30(4):223–32.
18. Davidson AE, Hayes S, Hardcastle AJ, Tuft SJ. The pathogenesis of keratoconus. *Eye*. 2014;28(2):189–95.

19. Mas Tur V, MacGregor C, Jayaswal R, O'Brart D, Maycock N. A review of keratoconus: Diagnosis, pathophysiology, and genetics. *Surv Ophthalmol.* 2017 Nov;62(6):770–83.
20. Romero-Jiménez M, Santodomingo-Rubido J, Wolffsohn JS. Keratoconus: A review. *Contact Lens Anterior Eye.* 2010;33(4):157–66.
21. Meek KM, Tuft SJ, Huang Y et al. Changes in collagen orientation and distribution in keratoconus corneas. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005;46:1948–56.
22. Chaerkady R, Shao R, Scott SG. The keratoconus corneal proteome: loss of epithelial integrity and stromal degeneration. *J Proteomics.* 2013;87:122–31.
23. Andreassen T, Simonsen AH OH. Biomechanical properties of keratoconus and normal corneas. *Exp Eye Res.* 1980;31(4):435–41.
24. Polack FM. Contributions of electron microscopy to the study of corneal pathology. *Surv Ophthalmol.* 1976;20:375–414.
25. Teng CC. Electron microscope study of the pathology of keratoconus: part 1. *Am J Ophthalmol.* 1963;55:18–47.
26. Sawaguchi S, Fukuchi T, Abe H, Kaiya T, Sugar J YB. Three dimensional electron microscopic study of keratoconus. *Arch Ophthalmol.* 1998;116:62–98.
27. Sturbaum CW PJR. Pathology of corneal endothelium in keratoconus. *Ophthalmologica.* 1993;206(4):192–208.
28. Critchfield J, Caladra A, Nesburn A, Kenney M. Keratoconus. I. Biomechanical studies of normal and keratoconus cornea. *Exp Eye Res.* 1988;46:953–63.
29. Zimmermann DR, Fischer RW, Winterhalter KH, Witmer R VL. Comparative studies of collagens in normal and keratoconus corneas. *Exp Eye Res.* 1998;46(3):431–42.
30. Suzuki M, Amano S, Honda N et al. Longitudinal changes in corneal irregular astigmatism and visual acuity in eyes with KCN. *Jpn J Ophthalmol.* 2007;51(4):265–9.
31. Hayashi T, Huang J DS. RINX(VSX1), a novel homeobox gene expressed in the inner nuclear layer of the adult retina. *Genomics.* 2000;67:128–39.

32. Heon E, Mathers WD, Alward WL et al. Linkage of posterior polymorphous corneal dystrophy to 20q11. *Hum Mol Genet.* 1995;4:485–8.
33. Chow RL, Volgyi B, Szilard RK et al. Control of late off-center cone bipolar cell differentiation and visual signaling by the homeobox gene *Vsx1*. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2004;101:1754–9.
34. Aldave AJ, Yellore VS, Salem AK et al. No *VSX1* gene mutations associated with keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47:2820–2.
35. Gajecka M, Radhakrishna U, Winters D et al. Localization of a gene for keratoconus to a 5.6-Mb interval on 13q32. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2009;50:1531–9.
36. Hosseini SM, Herd S, Vincent AL et al. Genetic analysis of chromosome 20-related posterior polymorphous corneal dystrophy: genetic heterogeneity and exclusion of three candidate genes. *Mol Vis.* 2008;14:71–80.
37. Bisceglia L, De Bonis P, Pizzicoli C et al. Linkage analysis in keratoconus: replication of locus 5q21.2 and identification of other suggestive Loci. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2009;50:1081–6.
38. Tang YG, Rabinowitz YS, Taylor KD et al. Genomewide linkage scan in a multigeneration Caucasian pedigree identifies a novel locus for keratoconus on chromosome 5q14.3-q21.1. *Genet Med.* 2005;7:397–405.
39. Teer JK MJ. Exome sequencing: the sweet spot before whole genomes. *Hum Mol Genet.* 2010;19:145–51.
40. Li X, Rabinowitz YS, Tang YG et al. Two-stage genome-wide linkage scan in keratoconus sib pair families. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47:3791–5.
41. Semina EV, Mintz-Hittner HA MJ. Isolation and characterization of a novel human paired- like homeodomain-containing transcription factor gene, *VSX1*, expressed in ocular tissues. *Genomics.* 2000;63:289–93.
42. Udar N, Atilano SR, Brown DJ et al. *SOD1*: a candidate gene for keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47:3345–51.

43. Noor R, Mittal S IJ. Superoxide dismutase-applications and relevance to human diseases. *Med Sci Monit.* 2002;8:210–5.
44. Rosen DR, Siddique T, Patterson D et al. Mutations in Cu/Zn superoxide dismutase gene are associated with familial amyotrophic lateral sclerosis. *Nature.* 1993;362:59–62.
45. Stabuc-Silih M, Strazisar M, Hawlina M et al. Absence of pathogenic mutations in VSX1 and SOD1 genes in patients with keratoconus. *Cornea.* 2010;29:172–6.
46. Arnal E, Peris-Martinez C, Menezo JL et al. Oxidative stress in keratoconus? *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011;52:8592–7.
47. Atilano SR, Coskun P, Chwa M et al. Accumulation of mitochondrial DNA damage in keratoconus corneas. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005;46:1256–63.
48. De Bonis P, Laborante A, Pizzicoli C et al. Mutational screening of VSX1, SPARC, SOD1, LOX, and TIMP3 in keratoconus. *Mol Vis.* 2011;17:2482–94.
49. Hughes AE, Bradley DT, Campbell M et al. Mutation altering the miR-184 seed region causes familial keratoconus with cataract. *Am J Hum Genet.* 2011;89:628–33.
50. Dash DP, George S, O'Prey D et al. Mutational screening of VSX1 in keratoconus patients from the European population. *Eye (Lond).* 2010;24:1085–92.
51. Wheeler J, Hauser M, Afshari NA, Allingham RR LY. The genetics of keratoconus: A review. *Reprod Syst Sex Disord.* 2012 Jun 3;(Suppl 6):001.
52. Cummings TJ. *Ophthalmic Pathology A Concise Guide.* Springer. 2013;1–201.

BÖLÜM 3

KERATOKONUSTA KLİNİK BULGULAR VE MUAYENE YÖNTEMLERİ

Dr. Seray Şahin

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Doç. Dr. Özlem Barut Selver

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Prof. Dr. Melis Palamar Onay

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Doç. Dr. Handan Duman

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı
Çocuk İmmünolojisi Bilim Dalı

Keratokonus 1854 yılında detaylı olarak tanımlanmıştır. Yunanca “Kerato” (kornea) ve “Konos” (koni) sözcüklerinin bir araya gelmesiyle adlandırılmıştır (1). Keratokonus en yaygın görülen primer korneal ektazik hastalıktır. Bilateral ve asimetric olarak izlenen kornea dejenerasyonu olup, lokalize korneal incelme ve incelen korneanın protrüde olması ile karakterizedir (2–4). Korneal incelme inferotemporal kadranda görülür, ancak süperior korneal incelme görülen vakalar da tanımlanmıştır (5–7). Korneal protrüzyon yüksek miyopi ve irregüler astigmatizmaya yol açar.

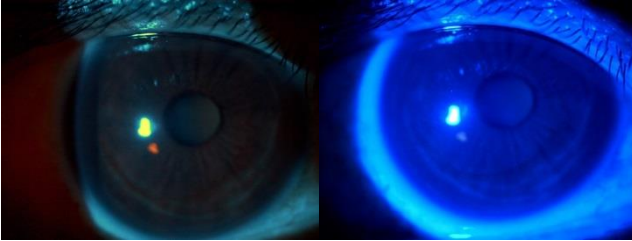
Keratokonus sıklıkla 2.dekatta görülür, ergenlik döneminde başlar ve tipik olarak 4.dekada kadar progresyon gösterir ve

sonrasında stabilize olur (3, 8). Ancak hayatın daha erken ve daha geç dönemlerinde görüldüğü de bildirilmiştir (8, 9).

Keratokonusta semptom ve bulgular keratokonus şiddetine göre değişir. Subklinik evre veya “fruste form” olarak adlandırılan başlangıç evrelerinde keratokonus herhangi bir semptom vermez ve korneal topografi gibi spesifik testler yapılmadıkça fark edilmeyebilir (10). Hastalığın ilerlemesi gözlükle düzeltilemeyen görme keskinliği azalması ile kendini gösterir. Bu nedenle artan kurala aykırı astigmatizma ve görme keskinliğinde azalma durumlarında keratokonus varlığından şüphelenilmelidir (8).

Yakın görme keskinliği genellikle hastanın yaşı, refraksiyonu ve uzak görme keskinliğine göre beklenenden daha iyi düzeydedir. Retinoskopi yapılarak koninin tepe noktasının lokalizasyonu ve çapını tahmin etmek mümkündür. Kornea en ince noktası normalde vizüel aks dışında yer alır ve korneal incelme ektazi öncesinde görülen yaygın bir işarettir (11).

Orta ve ilerlemiş keratokonus vakalarında “Fleischer halkası” olarak bilinen hemosiderin ile oluşan dairesel çizgi görülür ve genellikle koni tabanı çevresinde yerleşir (12) (Resim-1 ve Resim-2). Hastalık etkisiyle oluşan korneal eğrilik değişimi ile ve normal epitelyal süreçte modifikasyon nedeniyle göz yaşı filminden kornea yüzeyinde demir birikintileri oluşmasıyla geliştiği öne sürülmüştür (13).



Resim-1 ve Resim-2. Fleischer Halkası

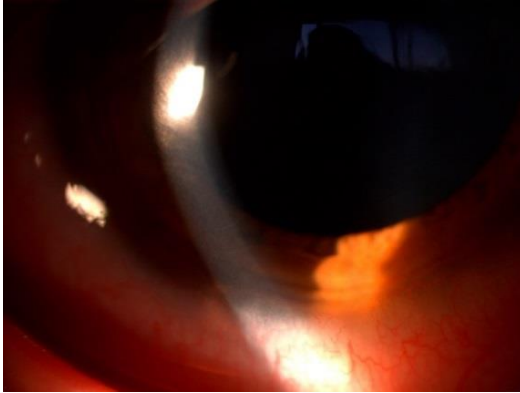
Vogt striaları keratokonusta görülen bir diğer karakteristik bulgudur. Descement membranında ince vertikal çizgiler

şeklinde görünür (Resim-3 ve Resim-4). Gaz geçirgen kontakt lens kullanımıyla ve kornea üzerine basınç uygulandığında kaybolma eğilimi gösterir (14, 15).



Resim-3 ve Resim-4. Vogt striaları, descemet membranında ince vertikal çizgiler

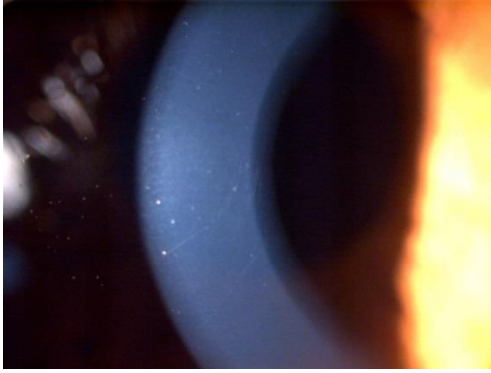
Korneal sinirlerin görünürlüğünde artış, yüzeysel ve derin korneal opasitelerin izlenmesi keratokonusun farklı şiddet ve evrelerinde olabilen yaygın bulgulardır (14) (Resim-5 ve Resim-6). Kontakt lens kullanan hastaların çoğunda korneal skar gelişir (Resim-7).



Resim-5. Keratokonusta korneal sinirlerin görünürlüğünde artış

“Munson bulgusu” göz aşağı bakar pozisyondayken alt göz kapağında “V” şeklinde deformasyon izlenmesidir (Resim-

8). "Rizutti bulgusu" ise yarıklı lamba muayenesinde slit ışığın temporal limbuse yansıtılması sonrası nazal limbal alanda parlak yansıma görülmesi olarak tanımlanır. Bu bulgular ilerlemiş keratokonusta karşımıza çıkar.

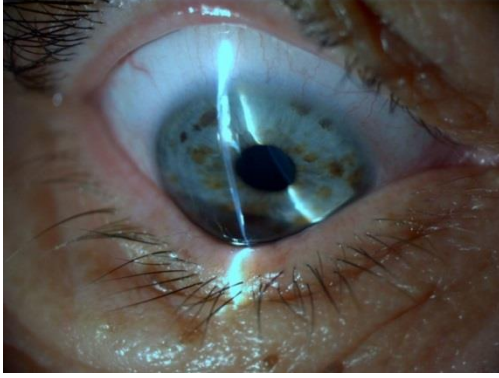


Resim-6. Vogt striaları ve korneal sinir uçları

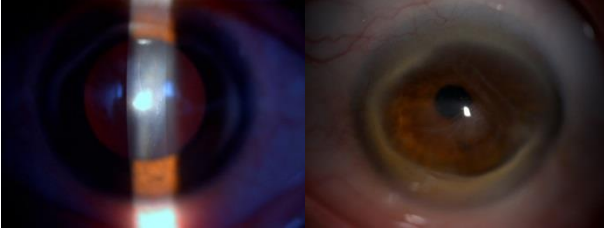


Resim-7. Keratokonuslu hastada santral korneal skar

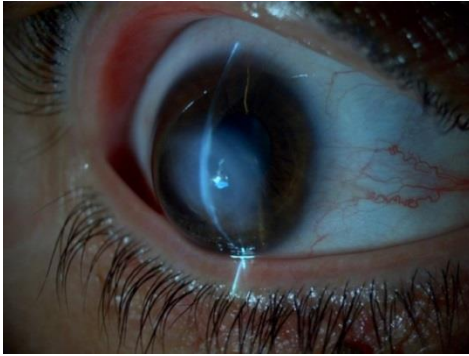
Descemet membranında çatlaklara bağlı gelişen hidrops olarak bilinen akut stromal ödem de ileri evre keratokonusta tanımlanmıştır (Resim-9, Resim-10 ve Resim-11). Ani görme kaybı ve şiddetli ağrıya sebep olur (16).



Resim-8. Munson bulgusu



Resim-9 ve Resim-10. Descemet membranında çatlaklar



Resim-11. İleri evre keratokonus, akut stromal hidrops

Retinoskopi ile yarıklı lamba muayenesi, refraktif kusurların detaylı analizi ve korneal topografi keratokonus tanısına yardımcı olan muayene yöntemleridir. Erken evre keratokonuslu hastalarda yarıklı lamba muayenesi bulgu vermeyebilir ve bu durumda korneal topografi en güvenilir tanı yöntemidir (17, 18).

Çocuklarda keratokonus, hızlı progresyon göstermesi ve ağır seyretmesi nedeni ile hızlı tanı gerektiren bir durumdur. Klinik olarak gözleri kısma ile düzelen bulanık görme, polyopia (çoklu görme), şekilleri bozuk görme ile karakterizedir. Genel olarak aile hikayesi, alerjik hastalık ve atopi hikayesi (yaklaşık %40 hastada) eşlik eder (19). Alerjik hastalıklardan en sık vernal konjonktivitle birliktelik bildirilmiştir. Alerjene maruziyet sonrası kaşıma ile epitelde mikrotravma oluşmakta bu da matriks metalloproteinaz (MMP), IL-6 ve TNF alfa gibi inflamatuvar mediatörlerin salınmasına neden olmaktadır. Özellikle kaşıma sonucunda keratosit apoptozu ile ilişkili olan MMP-13 düzeylerinin gözyaşında arttığı gösterilmiştir. Apoptoz ise stromal hacim kaybına, bu da ekstrasellüler matriksin degrade olmasına, bu da incelme ve ektazi oluşumuna neden olmaktadır (19, 20).

Sistemik hastalıklardan ise en sık Down Sendromu ile birliktelik bildirilmiştir (insidans %0,5-15). Patogenezinde göz kuruluğu, blefarit, punktal agenezi, enfeksiyonlar suçlanmaktadır (21).

Konnektif doku hastalıklarından da Ehler Danlos Sendromu ile birlikteliği sıktır (%12). Korneadaki total kolajenin yaklaşık %10 kısmını karşılayan Tip V kolajeni kodlayan COL5A1 VE COL5A2 mutasyonları göz anomalilerinden sorumludur (22).

1. KERATOKONUSTA SINIFLAMA

Literatürde keratokonus sınıflamasında; morfoloji, hastalık evresi, oküler belirtiler ve indeks tabanlı sistemlere dayalı çeşitli sınıflandırmalar önerilmiştir (11).

1.1. Morfoloji

Klasik olarak keratokonus şu şekilde sınıflandırılmıştır: (8, 23, 24)

Nipple: Koni çapı <5 mm ve yuvarlak morfolojidedir. Santral veya parasantral korneada yerleşir ve çoğunlukla inferonazal kadrandır. Kontakt lens kullanılarak düzeltilmesi rölatif olarak daha kolaydır.

Oval: Koni çapı >5 mm'dir ve parasantralden periferine doğru yerleşim gösterir. Çoğunlukla inferotemporal kadranda yerleşir. Kontakt lens ile düzeltilmesi daha zordur.

Keratoglobus: Koni korneanın %75 alanını kaplar. Kontakt lens kullanımı sınırlı vakalar dışında çok zordur.

Kornea topografisinin yaygın kullanımı süperior, nazal ve santral korneayı etkileyen yeni keratokonus paternlerinin saptanmasına imkân sağlamıştır (24). Daha yakın zamanda literatürde lasik refraktif cerrahi geçiren hastalarda yeni bir "D şekilli" keratokonus tanımlanmıştır (25).

1.2. Hastalık Evresi

Hastalık evresine dayanan sınıflandırma sistemi ilk olarak Amsler tarafından önerilmiştir (26, 27) (*Tablo-1*). Hom ve Bruce da benzer evreleme yapmışlardır (28) (*Tablo-2*).

Tablo-1. Amsler-Krumeich Sınıflaması

Evre	Bulgular
Evre 1	Eksantrik dikleşme Miyopi, indüklenmiş astigmatizma <5,0 D Ortalama santral K değeri <48,0 D
Evre 2	Miyopi, indüklenmiş astigmatizma 5,0-8,0 D Ortalama santral K değeri <53,0 D Korneal skar yok Korneal kalınlık >400 mikron
Evre 3	Miyopi, indüklenmiş astigmatizma 8,0-10,0 D Ortalama santral K değeri >53,0 D Korneal skar yok Korneal kalınlık 300-400 mikron
Evre 4	Refraksiyon ölçülemez Ortalama santral K değeri >55,0 D Santral korneal skar Korneal kalınlık <200 mikron

Tablo-2. Keratokonus Evrelemesi

Evre	Tanım
Evre 1	“Frustre”/Subklinik form korneal topografi ile tanı konur. Gözlük düzeltilmesi ile 6/6 GK sağlanabilir.
Evre 2	Erken evre hafif korneal incelmeye vardır. Korneal skar görülmez.
Evre 3	Orta evre korneal skar ve opasite görülmez. Vogt striaları, Fleischer halkası bulunur. Gözlük ile <6/6 GK, kontakt lens ile yaklaşık 6/6 GK sağlanabilir. 2,0-8,0 D arasında irregüler astigmatizma bulunur. Belirgin korneal incelmeye vardır.
Evre 4	İleri evre korneal dikleşme>55,0 D korneal skar, Munson bulgusu görülür. Korneal incelmeye çok belirgindir. Kontakt lens ile <6/7,5 GK sağlanabilir.

1.3. İndeks Tabanlı Sistemler

Erken evrelerde hastalık tespiti refraktif cerrahi geçiren ve subklinik evrede olan hastalar için gittikçe önem kazanmaktadır. Bu nedenle hastalık şiddetini derecelendirmek için kornea topografi sistemleri üzerine inşa edilen birkaç indeks tabanlı sınıflandırma yöntemi geliştirilmiştir (29–31). Ayrıca optik koherens tomografi ve korneal aberrometre cihazları korneal kalınlık değerlendirilmesi ve korneal aberrasyon farkına dayanarak keratokonus tespitinde önem kazanmaktadır (32, 33).

Korneal topografide aşağıdaki parametreler saptandığında keratokonustan şüphelenilmeli ve incelenmelidir: (34)

- Astigmatizma>5,0 D
- Keratometri değerleri (K1 ve K2)>48,0 D
- Kmax>49,0 D
- Santral korneal kalınlık (CCT)<470 µm
- Korneal asferisite>-0,50 µm

Belin ABCD sınıflaması; eksik kalan tanımlamayı düzenlemek için tomografik görüntüleme ile elde edilen yeni

verilerin birleştirilmesiyle geliştirilmiştir. ABCD sınıflamasında 4 parametre bulunmaktadır. “A” en ince noktayı santral alan 3 mm’lik zon içinde Anterior eğrilik yarıçapını temsil eder. “B” (Back) en ince noktayı santral alan 3 mm’lik zon içinde posterior eğrilik yarıçapını temsil eder. “C” en ince korneal (Corneal) kalınlık, “D” ise düzeltilmiş uzak (Distance) görme keskinliği olarak tanımlanmıştır. Her parametre 0 ile 4 arasında değerlendirilir (Resim-12). Bu sistem Oculus Pentacam’de mevcuttur (OCULUS GmbH, Wetzlar, Germany) (35).

	A	B	C	D
ABCD Evreleme	Anterior Eğrilik Yarıçapı (3 mm zon)	Posterior Eğrilik Yarıçapı (3 mm zon)	Pakimetri μm	Düzeltilmiş Uzak Görme Keskinliği
<i>Evre 0</i>	>7.25 mm (<46.5 D)	>5.90 mm	>490	$\geq 20/20$ (≥ 1.0)
<i>Evre 1</i>	>7.05 mm (<48.0 D)	>5.70 mm	>450	<20/20 (<1.0)
<i>Evre 2</i>	>6.35 mm (<53.0 D)	>5.15 mm	>400	<20/40 (<0.5)
<i>Evre 3</i>	>6.15 mm (<55.0 D)	>4.95 mm	>300	<20/100 (<0.2)
<i>Evre 4</i>	<6.15 mm (> 55.0 D)	<4.95 mm	≤ 300	<20/400 (<0.05)

Resim-12. Belin ABCD keratokonus evrelemesi

Normal kornea asferik yapıdadır ve şekil olarak hafif oblate ile orta prolate arasında değişmektedir (36). Çoğu çalışma insan kornea Q (asferisite) değerinin -0,01 ile 0,8 (ort. -0,23 \pm 0,08) arasında değiştiğini göstermiştir (37).

Sağlıklı korneanın özellikleri;

- **Asferik**
- **Prolate:** santral korneal eğim periferden daha diktir. Asferisite faktörü $Q < 0$ (%80 vakada)
- **Enantiomorfik** (iki göz arasında ayna simetrisi)

- Santral keratometri 40,0 D (8,4 mm) ile 47,0 D (7,2 mm) arasında ortalama 43,0 D (7,8 m)
- Apeks = santral nokta = vizüel aks = topografik merkez, vizüel akstaki ilk purkinje refleksi
- Verteks: en yüksek kornea noktası

Yaşla birlikte sağlıklı bir kornea maksimum korneal eğimin; vertikal olduğu kurala uygun astigmatizmadan, horizontal olduğu kurala aykırı astigmatizmaya ilerleyebilir (38, 39).

Topografi haritalarında yüksek astigmatizma ve asimetric papyon paterni keratokonusu düşündürür (8). Regüler astigmatizma 2 simetric segmentli papyon deseni ile temsil edilmektedir. Simetric papyon deseni kurala uygun astigmatizmada vertikal yerleşimli, kurala aykırı astigmatizmada ise horizontal yerleşimlidir. Oblik astigmatizmada çapraz yerleşim gösterir. Korneal irregülerite veya simetric papyon deseninden sapmalar korneal eğim haritaları tarafından tespit edilir ve şekillerine göre tanımlanır. Anormal tomografik parametreler eşlik ettiği zaman bu paternler korneal ektaziler için risk faktörleridir. 5 mm'lik santral zonda simetric olarak süperior ve inferior alan karşılaştırılır.

- Süperior değer inferior değerden $>2,5$ D fazla
- İnférieur değer süperior değerden $>1,5$ D fazla ise korneal ektazi riski vardır (8).

KAYNAKLAR

1. Nottingham J. Practical observations on conical cornea. London: Churchill, London. 1984;1–19.
2. Zadnik K, Barr JT, Gordon MO, Edrington TB CSG. Biomicroscopic signs and disease severity in keratoconus. Cornea. 1996;15:139–46.

3. Kennedy RH, Bourne WM DJ. A 48-year clinical and epidemiologic study of keratoconus. *Am J Ophthalmol.* 1986;101:236–73.
4. Zadnik K, Steger-May K, Fink BA, et al. Between eye asymmetry in keratoconus. *Cornea.* 2002;21:671–9.
5. Auffarth GU, Wang L VH. Keratoconus evaluation using the Orbscan topography system. *J Cataract Refract Surg.* 2000;26:222–8.
6. Prisant O, Legeais RG. Superior keratoconus. *Cornea.* 1997;16:693–4.
7. Weed KH, McGhee CN MC. Atypical unilateral superior keratoconus in young males. *Contact Lens Anterior Eye.* 2005;28:177–9.
8. Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol.* 1998;42(4):297–319.
9. Rahmen W AS. An unusual case of keratoconus. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus.* 2006;43:373–5.
10. Arntz A, Durán JA PJ. Subclinical keratoconus diagnosis by elevation topography. *Arch Soc Esp Ophthalmol.* 2003;78:659–64.
11. Romero-Jiménez M, Santodomingo-Rubido J, Wolffsohn JS. Keratoconus: A review. *Contact Lens Anterior Eye.* 2010;33(4):157–66.
12. Fleischer B. Über Keratoconus und eigenartige Pigmentbildung in der kornea. *München Med Wschr.* 1906;53:625–6.
13. Barraquer-Somers E, Chang CC GW. Corneal epithelial iron deposition. *Ophthalmology.* 1983;90:729–34.
14. Li X, Rabinowitz YS, Rasheed K YH. Longitudinal study of the normal eyes in unilateral keratoconus patients. *Ophthalmology.* 2004;111:440–6.
15. Davis LJ, Barr JT VD. Transient rigid lens-induced striae in keratoconus. *Optom Vis Sci.* 1993;70:216–9.
16. Thota S, Miller WL BJ. Acute corneal hydrops: a case report including confocal and histopathological considerations. *Contact Lens Anterior Eye.* 2006;29:69–73.
17. Randleman JB, Trattler WB SR. Validation of the ectasia risk score system for preoperative laser in situ keratomileusis screening. *Am J Ophthalmol.* 2008;145:813-8.

18. Binder PS. Analysis of ectasia after laser in situ keratomileusis: Risk factors. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33:1530-8.
19. Abelson MB, Granet D. Ocular allergy in pediatric practice. *Curr Allergy Asthma Rep.* 2006;6:306–11.
20. Gordon-Shaag A, Millodot M, Shneur E LY. The genetic and environmental factors for keratoconus. *Biomed Res Int.* 2015;7:95738.
21. Kumaran N, Pennesi ME, Yang P, et al. Leber congenital amaurosis/early-onset severe retinal dystrophy overview. [Internet] 2018 Oct 4 [Updated 2023 Mar 23]. Univ Washington, Seattle. 1993-2023. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK531510/>
22. Villani E, Garoli E, Bassotti A, et al. The cornea in classic type Ehlers-Danlos syndrome: Macro- and microstructural changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013;54:8062–8.
23. Perry HD, Buxton JN FB. Round and oval cones in Keratoconus. *Ophthalmology.* 1980;87:905–9.
24. McMahon TT, Szczołka-Flynn L, Barr JT, et al. A new method for grading the severity of keratoconus: the keratoconus severity score (KSS). *Cornea.* 2006;25:794–9.
25. Abad JC, Rubinfeld RS, Del Valle M, Belin MW, Kurstin JM VD. A novel topographic pattern in some keratoconus suspects. *Ophthalmology.* 2007;114:1020–6.
26. Amsler M. Le keratocone fruste au javal. *Ophtalmologica.* 1938;96:77–83.
27. Amsler M. Keratocone classique et keratocone fruste, arguments unitaires. *Ophtalmologica.* 1946;111:96–101.
28. Hom M BA. *Manual of contact lens prescribing and fitting.* London: Butterworth-Heinemann. 2006;503–44.
29. Schwiegerling J GJ. Keratoconus detection based on videokeratographic height data. *Optom Vis Sci.* 1996;73:721–8.
30. Rabinowitz YS RK. KISA% index: a quantitative videokeratography algorithm embodying minimal topographic criteria for diagnosing keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 1999;25:1327–35.
31. Mahmoud AM, Roberts CJ, Lembach RG, TwaMD, Herderick EE MT. CLMI: the cone location and magnitude index. *Cornea.* 2008;27:480–7.

32. Li Y, Meisler DM, Tang M, et al. Keratoconus diagnosis with optical coherence tomography pachymetry mapping. *Ophthalmology*. 2008;115:2159–66.
33. Gobbe M GM. Corneal wavefront aberration measurement to detect keratoconus patients. *Contact Lens Anterior Eye*. 2005;28:57–66.
34. Belin MW, Duncan J, Ambrosio R Jr et al. A new tomographic method of grading keratoconus: the ABCD Grading system. *Int J Kerat Ect Cor Dis*. 2015;4(3):85–93.
35. Belin MW, Duncan JK. Keratoconus. The ABCD Grading System. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2016;233:701–7.
36. Mas Tur V, MacGregor C, Jayaswal R, O'Brart D, Maycock N. A review of keratoconus: Diagnosis, pathophysiology, and genetics. *Surv Ophthalmol*. 2017;62(6):770–83.
37. Tourquetti L FP. Corneal asphericity changes after implantation of intrastromal corneal ring segments in Keratoconus. *J Emmetropia*. 2010;1:178–81.
38. Turner TN. What corneal topography can tell you about the corneal shape. In: MacRae S, Krueger R, Applegate R, editors. *Customized corneal ablation: the quest for supervision*. Thorofare: Slack. 2001;221—8.
39. Tang M, Shekhar R, Miranda D HD. Characteristics of keratoconus and pellucid marginal degeneration in mean curvature maps. *Am J Ophthalmol*. 2005;140:993—1001.

BÖLÜM 4

KORNEAL TOPOGRAFI PRENSİPLERİ VE KERATOKONUSTA TOPOGRAFİK HARİTALAR

Dr. Seray Şahin

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Doç. Dr. Özlem Barut Selver

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Prof. Dr. Melis Palamar Onay

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

1. TARİHÇE

17. yüzyılın başında, Schiener kornea ön yüzeyinin oluşturduğu görüntünün yansımalarını farklı kalibre edilmiş kürelerle karşılaştırarak kornea morfolojisinin karakterizasyonu için ilk cihazı önermiştir (1). Sonrasında 19. yüzyılın ortalarında, Goode keratoskopu ortaya çıkmıştır. Mevcut kornea topografisi, Goode keratoskopunun, onu 1880'de geliştiren Antonio Placido da Costa tarafından geliştirilmesine dayanmaktadır (2). Bu cihaz, dairesel bir plakanın kornea üzerine projeksiyonu yoluyla ön kornea yüzeyinin hassas bir şekilde ölçülmesini sağlamaktadır.

19. yüzyıl sonlarında Javal, Placido diskleri ile oftalmometreyi birleştirerek kornea morfolojisinin ilk kalitatif analizini gerçekleştirmiştir. Korneal eğrilik değişimlerini analiz etmeyi amaçlayarak oluşan görüntünün fotoğraflanmasını önermiştir (3).

İlk tam otomatik kornea topografisi, Computed Anatomy Inc. (New York, ABD) tarafından geliştirilen Corneal Modeling System (CMS-1) olarak adlandırılmıştır (3).

Kornea topografisi klasik olarak kornea morfolojisini kalitatif ve kantitatif olarak analiz eden, geometrik karakterizasyonunu sağlayan ve standart paternler ile patolojik ektatik durumları ayırt eden non-invazif bir teknik olarak tanımlanır (4–7).

Kornea tomografisi, günümüzde Scheimpflug tabanlı cihazlar ile elde edilen haritalar ve görüntülere verilen isimdir. Kornea topografisi ise Placido disk tabanlı cihazlar tarafından elde edilen anterior sagittal harita ve anterior tanjansiyel harita verilerinin eski adlandırmasıdır. Kornea tomografisi, pakimetri haritası ve kornea ön ve arka yüzeyi için çeşitli topografi haritaları ve profiller içerir (8).

Kornea tomografisi, korneal anormallikleri tespit etmek, ektazik kornea hastalıklarının erken tanısı ve bu hastalıkları sınıflandırmak, post keratorefraktif ektazileri teşhis etmek ve refraktif cerrahide iyi bir seçim ve plan yapmak için en önemli tarama testidir.

Mevcut kornea topografi cihazları şu teknolojilerden birine dayanmaktadır (3).

1. Korneada ışık yansımalarına dayalı sistemler
2. Slit ışığın korneaya projeksiyonuna dayalı sistemler
3. Çok renkli LED'lerin asimetrik yansımalarına dayalı sistemler

2. KORNEAL TOPOGRAFI TEKNOLOJİLERİ

2.1. Korneada Işık Yansımalarına Dayalı Sistemler

Videokeratoskoplar olarak da adlandırılır. Konveks ayna optik özelliklerinin, Placido disklerinin kornea ön yüzeyine yansıtıldığı bir alete uyarlanmasıyla oluşur. Siyah beyaz eş merkezli sıralanmış daireler vizüel aksta merkezlenir ve

kornea üzerine yansıtılır. Görüntü dijital kamera ile yakalanır ve bilgisayar ile işlenir. En sık kullanılan tekniktir (9, 10).

Placido disklerinin merkezi kamera ile kapandığı için kornea merkezi 3 mm'lik alan ölçülmez ve tahmini değer verir. SimK (simulated keratometry) olarak ifade edilir.

Algoritmalar, disklerin deformasyonuna göre kornea üzerindeki her noktada keratometriyi hesaplar. Daha sonra konik kesit veya kornea elevasyonu şeklinde bir model oluşturulur (10–12). Korneal yüzeyin radyal eğriliğinden elde edilen yükseklik ve eğim verileri keratometrik değer olarak sunulur ve renk skalası ile ifade edilir (13).

- Soğuk renkler referans küreye göre daha düz eğim ve elevasyon (*mavi veya mor*)
- Orta renkler referans küreye eşit eğim ve elevasyon (*yeşil veya sarı*)
- Sıcak renkler referans küreden yüksek eğim ve elevasyon (*kırmızı veya turuncu*)

Bu cihazlarda arka kornea eğiminin hesaplanması ve doğru kalınlık haritalaması açısından eksiklikler bulunmaktaydı (14).

2.2. Slit Işığın Korneaya Projeksiyonuna Dayalı Sistemler

Dual teknoloji entegrasyonuna dayanmaktadır. İlk aşama; Placido diskinin projeksiyonu ve yansıma yoluyla ayna görüntüsü elde edilerek eğim ve refraktif gücünün hesaplanmasıdır. İkinci aşamada slit ışık kornea üzerine yansıtılır. Korneanın şeffaf yapısı sayesinde Rayleigh saçılmaları ile fotoğraflanması mümkündür. Bu görüntülerle korneal elevasyon verileri elde edilir (15).

Bu teknolojinin iki çeşidi bulunmaktadır.

- **Standart fotoğrafçılık ilkesi:** Kamera merceği düzlemi ile görüntü düzlemi paraleldir. Küçük bir bölge odaklanır (16, 17). En yaygın sistem posterior korneal yüzeyi hızlı bir

şekilde non invaziv değerlendiren ilk ticari cihaz olan Orbscan'dır (Bausch & Lomb Incorporated, ABD).

Anterior ve posterior korneal yüzeylerin haritalarını oluşturur ve pakimetrik verileri sağlar.

Posterior yüzey verilerinde güvenilirlik tartışmalıdır ve tekrarlanabilirliği kısıtlıdır (5, 18).

• **Scheimpflug fotoğrafçılık ilkesi:** kamera merceği düzlemi ve görüntü oblik yerleşimlidir (17). Odaklanılan bölge artırılır ve görüntü kalitesi iyileştirilir (7). Slit ışık ile kornea yüzeyinin doğrudan taranması ve 360 derece dönen bir kamera tarafından yansımanın yakalanması ile gerçekleşir. 3D rekonstrüksiyon pakimetrisinin hesaplanabileceği ön ve arka elevasyonun elde edilmesini sağlar (19).

Rotasyonel Scheimpflug görüntüleme ve optik koherens tomografi, korneayı üç boyutlu olarak görüntüleme ve pakimetrik haritalama, posterior korneanın daha iyi görüntülenmesi ve elevasyon tabanlı topografinin tanıtılması yeteneğine sahiptir. Tüm bunlar keratokonusun daha doğru ve erken saptanmasını sağlamıştır (14).

Bu prensibe dayanan cihazlar Pentacam (Oculus, ABD), Galilei (Ziemer, İsviçre) ve Sirius'tur (CSO, İtalya). Korneal kurvatürün tekrarlanabilir ölçümlerini sunarlar.

2.3. Çok Renkli LED'lerin Asimetrik Yansımasına Dayalı Sistemler

Kırmızı, sarı ve yeşil renklerde 700'den fazla LED'in asimetrik dağılımı ile oluşturulmuş bir panel kullanır ve korneal yüzeyin daha detaylı rekonstrüksiyonunu sağlar. Bu yeni cihaz, kornea yüzeyinde tanımlanan her üç noktanın, eğriliğinin veya elevasyonunun tanımlanmasını sağlar. Bu teknolojiye dayanan cihaz Cassini color LED Corneal Analyzer'dır (i-Optics, Hollanda) (20, 21).

3. TOPOGRAFİDE HATALAR

Verilerin toplanması ve işlenmesi sırasında intrinsik ve ekstrinsik hatalar görülebilir. İntrinsik hatalar cihaz kaynaklıdır. Bu nedenle ektatik kornea morfolojisindeki düzensizlik gerçek kornea geometrisini tam olarak temsil edemez. Son çalışmalarda yeni cihazlarla bu hataların azaltıldığı gösterilmiştir (22).

Ekstrinsik hatalar, sistemin hastanın gözüne yaklaşması ve hizalanması sırasında oluşur ve yanlış yapılırsa hatalı astigmatizma değerleri elde edilir. Eğim değerleri de fiksasyona hassastır. Gözyaşı kalitesinin düşük olması da Placido disk görüntüsünde bozulmaya ve anormal veriler elde etmeye sebep olur. Korneal skar ve lökom varlığı kornea saydamlığını bozduğu için hatalı pakimetrik haritalar ve eğim haritaları oluşmasına neden olabilir (23–25).

Anestezik göz damlalarının damlatılması da kornea parametrelerinde değişikliğe sebep olmaktadır. Muayene sırasında bu durum da dikkate alınmalıdır. Bunlarla birlikte düşük hasta uyumu da ekstrinsik hatalar arasında gösterilmektedir (26, 27).

Mevcut cihazlar bu hataları azaltmak ve ölçüm kalitesini nicel olarak saptamak için indeks sağlayan teknolojiler içermektedir. Güvenilirlik kriterini sağlamadığı durumlarda tekrarlanması gerekmektedir.

4. KERATOKONUSTA TOPOGRAFİK HARİTALAR

Keratokonüs ön kornea yüzeyinde koni şeklinde çıkıntı ile karakterizedir. Eksantrik yerleşimlidir ve genellikle inferotemporalde görülür. Elevasyon haritalarında daha yüksek bir alan, eğim haritalarında daha kavisli bir alan olarak tanımlanır. Korneanın bu karakteristik pateni keratokonüs ciddiyetini belirlemek için kullanılır (28, 29).

Korneal fokal eğriliğin en sık görüldüğü yer inferonazal ve inferotemporal kadrantlarda mid-perifer bölgesidir. Parasentral yerleşim vakaların %72'sini oluşturur ve %25'i

santral yerleşimlidir. Bu nedenle periferik yerleşim olağan dışı kabul edilir (30–32).

Kornea ön yüzeyindeki koni şeklinde çıkıntı korneada yapısal zayıflık oluşturur ve kornea arka yüzeyi morfolojisinde değişikliğe sebep olur. Sağlıklı kornea ile karşılaştırıldığında başlangıç aşamalarında bile artan eğrilik saptanmaktadır (33).

Kornea topografi cihazları keratokonik kornea yüzeyini analiz etmek için çeşitli haritalar oluşturur.

KAYNAKLAR

1. Gutmark R GD. Origins of the keratometer and its evolving role in ophthalmology. *Surv Ophthalmol.* 2010;55(5):481–97.
2. Nover A. 100 years of ophthalmology. *Fortschr Med.* 1982;100(47–48):2222–7.
3. Sánchez EDC, Martínez JN, Cañavate FJF. Corneal topography in keratoconus : state of the art. *Eye Vis [Internet].* 2016;1–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s40662-016-0036-8>
4. Klyce SD. Computer-assisted corneal topography. High-resolution graphic presentation and analysis of keratoscopy. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1984;25(12):1426–35.
5. Maldonado MJ, Nieto JC PD. Advances in technologies for laser-assisted in situ keratomileusis (LASIK) surgery. *Expert Rev Med Devices.* 2008;5(2):209–29.
6. Ambrósio Jr R, Caiado AL, Guerra FP, et al. Novel pachymetric parameters based on corneal tomography for diagnosing keratoconus. 9. *J Refract Surg.* 2011;27(10):753–8.
7. Piñero DP, Nieto JC L-MA. Characterization of corneal structure in keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38(12):2167–83.
8. Sinjab MM. Five Steps to Start Your Refractive Surgery A Case-Based Systematic Approach. 1st ed. New Delhi, London, Jaypee 2014;1-368.

9. Placido A. Novo instrumento per analyse immediate das irregularidades de curvatura da cornea. *Period Oftalmol Pr.* 1880;6:44—9.
10. Ghemame M, Charpentier P, Mouriaux F. Corneal topography in clinical practice. *J français d'ophtalmologie* [Internet]. 2019;42(10):e439–51. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2019.09.001>
11. Levene JR. The true inventors of the keratoscope and photokeratoscope. *Br J Hist Sci.* 1965;8:324—42.
12. Gullstrand A. Photographic-ophthalmometric and clinical investigations of corneal refraction. *Am J Optom Arch.* 1966;43:143—214.
13. Maldonado MJ, Nieto JC, Díez-Cuenca M PD. Repeatability and reproducibility of posterior corneal curvature measurements by combined scanning-slit and placido-disc topography after LASIK. *Ophthalmology.* 2006;113(11):1918–26.
14. Ambrosio R Jr BM. Imaging of the cornea: Topography vs tomography. *J Refract Surg.* 2010;26:847-9.
15. Karpecki PM, Wang M, editor. *Corneal topography in the wavefront era.* 2nd ed. Thorofare: Slack Inc. 2006;1-350.
16. Fernandez-Garcia P, Cervino A, Quiles-Guinau L, Albarran-Diego C, Garcia-Lazaro S S-GJ. Corneal thickness differences between sexes after oxybuprocaine eye drops. *Optom Vis Sci.* 2015;92(1):89–94.
17. Merklinger HM. *Focusing the view camera: a scientific way to focus the view camera and estimate depth of field.* Canada: Paperback. 1993;1-104.
18. Cheng AC, Rao SK LD. Accuracy of Orbscan II in the assessment of posterior curvature in patients with myopic LASIK. *J Refract Surg.* 2007;23(7):677–80.
19. Snook RK. Pachymetry and true topography using the Orbscan system. In: Gills JP, Sanders DR, Thornton SP, editors. *Corneal topography: the state of the art.* Thorofare: Slack; 1995;89—103.
20. Kanellopoulos AJ AG. *Forme Fruste Keratoconus Imaging and Validation via Novel Multi-Spot Reflection Topography.* *Case Rep Ophthalmol.* 2013;4(3):199–209.

21. Kanellopoulos AJ AG. Clinical Correlation between Placido, Scheimpflug and LED Color Reflection Topographies in Imaging of a Scarred Cornea. *Case Rep Ophthalmol*. 2014;5(3):311–7.
22. McGhee CN, Kim BZ WP. Contemporary Treatment Paradigms in Keratoconus. *Cornea*. 2015;34(10):16–23.
23. Belin MW, Khachikian SS, McGhee CN PD. New technology in corneal imaging. *Int Ophthalmol Clin*. 2010;50(3):177–89.
24. Montés-Micó R, Cerviño A, Ferrer-Blasco T, García-Lázaro S M-CD. The tear film and the optical quality of the eye. *Ocul Surf*. 2010;8(4):185–92.
25. Roh HC, Chuck RS, Lee JK PC. The effect of corneal irregularity on astigmatism measurement by automated versus ray tracing keratometry. *Med (Baltimore)*. 2015;94(13):677.
26. Buey Salas MA PM. *Biomecánica y Arquitectura Corneal*. Spain: ELSEVIER. 2014;1-415.
27. Hamano T. Lacrimal duct occlusion for the treatment of dry eye. *Semin Ophthalmol*. 2005;20(2):71–4.
28. Gomes JAP, Tan D, Rapuano CJ, et al. Global Consensus on Keratoconus and Ectatic Diseases. *Cornea*. 2015;34(4):359–69.
29. McGhee CN, Kim BZ WP. Contemporary Treatment Paradigms in Keratoconus. *Cornea*. 2015;34(10):16–23.
30. Wilson SE, Lin DT KS. Corneal topography of keratoconus. *Cornea*. 1991;10(1):2–8.
31. Prisant O, Legeais RG. Superior keratoconus. *Cornea*. 1997;16:693–4.
32. Weed KH, McGhee CN MC. Atypical unilateral superior keratoconus in young males. *Contact Lens Anterior Eye*. 2005;28:177–9.
33. Schlegel Z, Hoang-Xuan T GD. Comparison of and correlation between anterior and posterior corneal elevation maps in normal eyes and keratoconus-suspect eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34(5):789–95.

BÖLÜM 5

KORNEAL TOMOGRAFİDE PARAMETRELER VE HARİTALARIN YORUMLANMASI

Dr. Seray Şahin

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

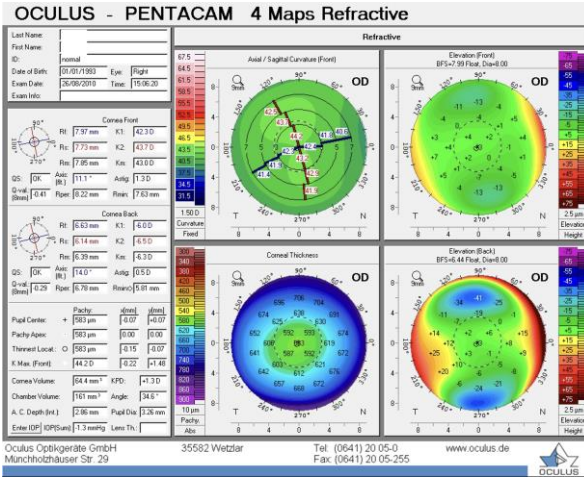
Doç. Dr. Özlem Barut Selver

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Prof. Dr. Melis Palamar Onay

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Korneal tomografi görüntülerinde parametreler ve bunların çeşitli renkli haritalarla ifade edildiği değerlendirilebilmektedir (Resim-1).



Resim-1. Normal bir korneada korneal parametreler ve haritalar

1. KORNEAL PARAMETRELER

- **Qs:** Tomografik görüntünün kalitesini belirtir. "OK" olmalıdır.
- **Q-val:** Q değerini gösterir. Anterior korneal yüzeyin asferisitesini ifade eder. İdeal değer merkezi 6 mm'lik alan içinde ölçülür ve -1 ile 0 arasındadır. Keratokonusta <-1'dir.
- **K1:** Santral 3 mm'lik alanda anterior korneal yüzeyin düz meridyenin eğrilik gücünü temsil eder ve diyoptri ile ifade edilir. Normal $K1 > 34,0$ D
- **K2:** Santral 3 mm'lik alanda anterior korneal yüzeyin dik meridyenin eğrilik gücünü temsil eder ve diyoptri ile ifade edilir. Normal $K2 < 47,0$ D
- **Km:** Santral 3 mm'lik alandaki ortalama eğrilik gücünü verir. Bazı cihazlarda K-avg olarak da ifade edilir.
- **Kmax:** Kornea tüm anterior yüzeyinin maksimum eğrilik gücünü verir. Normal $Kmax < 48,0$ D. Kmax ile K2 farkı $> 1,0$ D ve her iki göz arasındaki Kmax farkı $> 2,0$ D anormaldir.
- **Astig:** Kornea ön yüzeyinin korneal (topografik) astigmatizma değeri. K2 ve K1 arasındaki fark. Normal değeri $< 6,0$ D
- **Axis:** Santral 3 mm alan içinde kornea ön yüzeyinin korneal astigmatizma aksı.
- **Pachy apex:** kornea apeksinin kalınlığını ifade eder.
- **Pupil center:** Pupil merkezinin yerleşimi ve o noktadaki korneal kalınlığı gösterir.
- **Pupil diameter:** çekim anındaki pupil çapıdır (aydınlanma miktarına göre fotopik, skotopik, mezopik).
- **Thinnest location:** Kornea en ince noktasının kalınlığı ve lokasyonunu ifade eder. > 500 μ m normal, 450-500 μ m arası şüpheli, < 450 μ m anormaldir. Korneal apeks kalınlığı ile farkı < 10 μ m normaldir. Her iki göz arasındaki en ince noktanın kalınlığı arasındaki fark < 30 μ m normaldir.
- **Anterior Chamber Volume (ACV), Angle (ACA), Depth (ACD):** ACV < 100 mm³, ACA $< 24^\circ$ veya ACD $< 2,1$ mm açı kapanması glokomu için risk faktörleridir.

2. KORNEAL TOPOGRAFI HARİTALARI

2.1. Eğim Haritaları

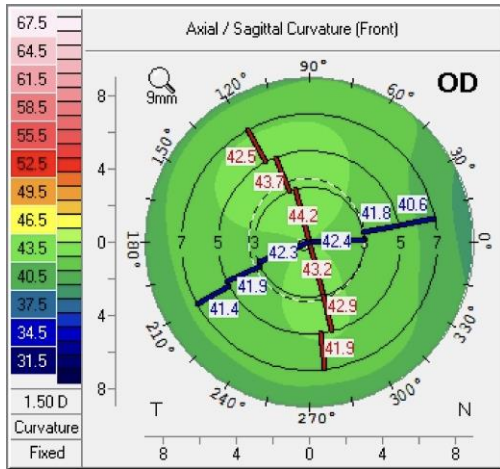
Kornea yüzeyinin her noktasındaki eğim hakkında bilgi verirler. Aksiyel (sagittal) veya tanjansiyel haritalardır. Her

ikisi de fokal eğim hakkında bilgi verir ancak aralarında önemli farklar vardır. Bu haritaların renk skalası vardır.

- **Sıcak renkler** → daha küçük eğrilik yarıçapı (mm) → daha yüksek diyoptrik güç
- **Soğuk renkler** → daha daha büyük eğrilik yarıçapı → daha düşük diyoptrik güç

2.1.1. Aksiyel (Sagittal) Haritalar

Bu tür haritalar eğrilik merkezlerini optik aksta sabitler ve kornea yüzeyinin küresel bir geometriye sahip olduğunu kabul ederek kornea periferinde belirgin bir düzleşme sağlar. Bu, koninin gerçek alanından daha büyük alan ve daha fazla periferal eğim ile sonuçlanır. Ancak bu değerlendirme hatalıdır, sadece paraksiyal yaklaşımda (korneanın küresel bir yüzeye sahip olması nedeniyle) doğrudur. Bu nedenle korneanın gerçek görüntüsünü bozar ve kantitatif olarak yanlış değerler verir (1, 2). Korneanın refraktif değişiklikleri hakkında bilgi sağlar. Ancak renkler aracılığıyla kalitatif değerlendirme sağlaması nedeniyle az deneyimli kullanıcılar tarafından yorumlanması kolaydır (Resim-2) (2).



Resim-2. Sağlıklı korneada eğrilik haritası, regüler astigmatizma

Kornea anterior yüzeyinin diyoptrik gücünü verir. Dik bölgeler sıcak renklerle, düz bölgeler soğuk renklerle temsil edilir. Dik ve düz aksın kesiştiği nokta korneal apektir. Normal patern **simetrik papyon** paternidir. Karakteristik özellikleri;

- İki lob içerir “a” ve “b”
- Lobların aksları aynı eksendedir veya $<22^\circ$ açı bulunur.
- Dik aks üzerinde, santral 5 mm'lik halka içinde iki zıt nokta bulunur. Superior (S) ve inferior (I) noktaları. Normal S-I $<2,5$ D, normal I-S $<1,5$ D. Simetrik papyon paterni regüler astigmatizmayı gösterir. 3 tipi vardır.

1. **Vertikal:** dik aks, vertikal meridyenin üzerinde veya $\pm 15^\circ$ yerleşimindedir. Kurala uygun astigmatizmayı temsil eder.

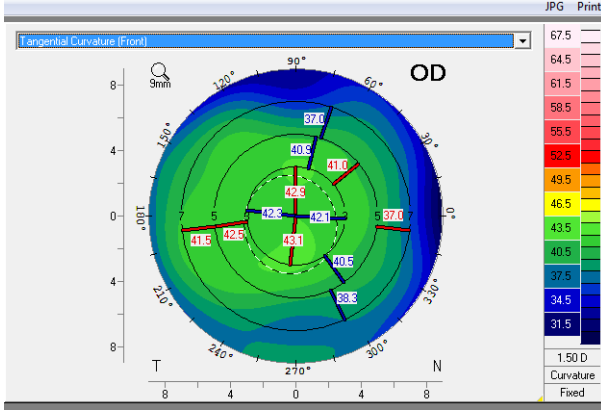
2. **Horizontal:** dik aks, horizontal meridyen üzerinde veya $\pm 15^\circ$ yerleşimindedir. Kurala aykırı astigmatizmayı temsil eder.

3. **Oblik:** dik aks horizontal ve vertikal meridyen üzerinde değildir. Oblik astigmatizma olarak isimlendirilir (3).

2.1.2. Tanjansiyel Haritalar

Bu harita kornea morfolojisini küresel kabul etmez ve merkezleri optik aksta yer almayan lokal eğim yarıçapları aracılığıyla kornea yüzeyini temsil eder. Asferisiteyi hesaba katar. Bu şekilde periferik kornea eğriliğini daha doğru yansıtır. Tanjansiyel haritalar korneal ektazilerdeki konik yapıyı değerlendirmek için daha uygundur, elde edilen verilere yüksek bir hassasiyet gösterir; ancak aksiyel haritalara göre yorumlaması daha kompleks olabilir (Resim-3) (2).

Korneal irregüleriteyi tanımlamaya yardımcı olur. Ektazik kornea bozukluklarında koninin morfolojik paternlerinin belirlenmesinde faydalıdır. Bu haritaya göre “nipple, oval, keratoglobus” olmak üzere koninin 3 şekli vardır (3).



Resim-3. Sağlıklı korneada tanjansiyel eğrilik haritası

2.2. Elevasyon Haritaları

Cihaz tarafından doğrudan ölçülen verileri temsil etmez. Ön ve arka kornea yüzeyinin tipik olarak bir küre, elipsoid, toroid gibi en uygun yüzey ile karşılaştırılması ile elde edilen verileri sunar. Yüzeye en iyi uyan en uygun küre (best fit sphere-BFS) kullanılır. Her iki yüzey arasındaki fark elevasyon haritalarına karşılık gelen altimetre verileri ile sağlanır (4, 5). BFS yeşil renk ile ifade edilir, üzerindeki noktalar kırmızı altındaki noktalar ise mavi ile temsil edilir. Pentacam veya Orbscan ile ön ve arka yüzeyler ve pakimetri değerlendirilir.

Kurala uygun astigmatizmada, vertikal meridyen horizontal meridyenden daha diktir bu nedenle vertikal meridyen referans yüzeyin altında, horizontal meridyen referans yüzeyin üzerinde uzanır. Normal elevasyon haritası kum saati görünümündedir (3).

Referans yüzey 8 mm çapındadır. Bu haritaların çeşitli avantajları bulunmaktadır.

- Veriler μm cinsinden nicel olarak elde edilir bu nedenle son derece doğrudur. Keratokonusun sonucu olarak kornea

morfolojisinde meydana gelebilecek küçük değişikliklere karşı yüksek hassasiyete sahiptirler (1).

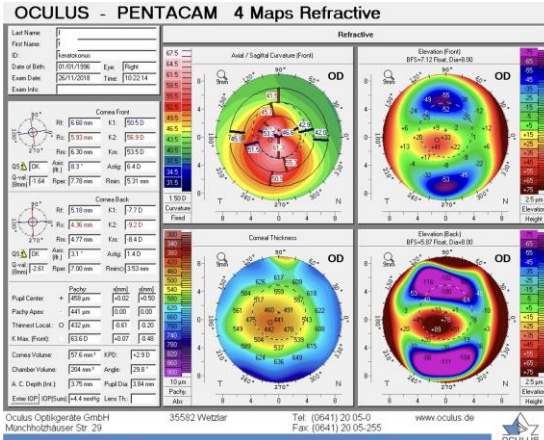
- Cihazlar elevasyon haritası için en uygun yüzeyin seçilmesine izin verir bu da klinik tanıda artan hassasiyet oluşturur.

Elevasyon haritaları ön ve arka kornea yüzeyi için;

- Korneal apeks elevasyonu
- En ince noktanın elevasyonu
- Santral bölge merkezinin elevasyonu verilerini sağlar (6, 7).

Kornea arka yüzeyi excimer laser fotoablasyonu ve korneal flep kaldırılması ile değişmediği için, arka yüzeyden elde edilen verilerin keratokonus tanısında önemli olabileceği düşünülmektedir (1, 2, 7, 8).

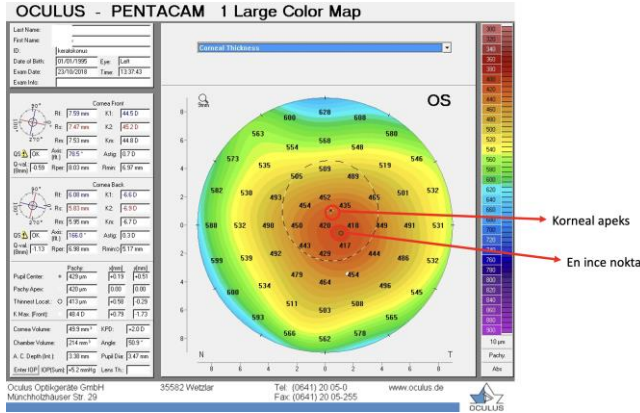
Eğrilik haritalarından üç boyutlu verileri tahmin etmek hatalı bir yaklaşımdır (Resim-4). Kırmızı alanları tepe mavi alanları çukur olarak yorumlamamak gerekir. Eğim haritaları sadece eğim verilerini sağlar, yüzeyin kabartmasını oluşturmaz. Elevasyon haritaları yüzey hakkında bilgi edinmemeye yardımcı olur (9).



Resim-4. Pentacam ile görüntülenen kornea topografisinde soldaki eğim haritası ile sağdaki elevasyon haritasının temsilindeki farklılık görülmektedir. Ayrıca irregüler korneal astigmatizma ve keratokonus düşündürülen anormal elevasyon izlenmektedir.

2.3. Kalınlık Haritaları

Bu haritalar korneanın en ince noktası ve o noktanın kornea merkezine göre konumu hakkında bilgi verirler. Keratokonus şiddeti arttıkça progresif incelmeyi gösterilmesi için önemlidir (Resim-5). Keratokonusun erken formlarının saptanmasına yardımcı olurlar (10, 11).



Resim-5. Keratokonusu kalınlık haritası, korneal en ince nokta inferotemporal yerleşimli

Pakimetri haritasında 3 temel işaret noktası vardır: kornea apeksi, en ince nokta yerleşimi, santral 5 mm'lik halka üzerinde iki karşıt nokta. Normal S-I farkı <30 μm olmalıdır.

Klinik pratikte korneal topografi, keratokonus subklinik formlarının tanınması için tarama testi haline gelmiştir. Bu formlar post LASIK ektazi riski nedeniyle refraktif cerrahiye kontrendikasyon oluşturmaktadır.

Rabinowitz—McDonnell kriterleri;

- Korneal asimetri I-S>1,5 D
- Kmax> 47,2 D
- İki göz arasında santral keratometri değerlerinde 1,0 D'den fazla fark olması (9).

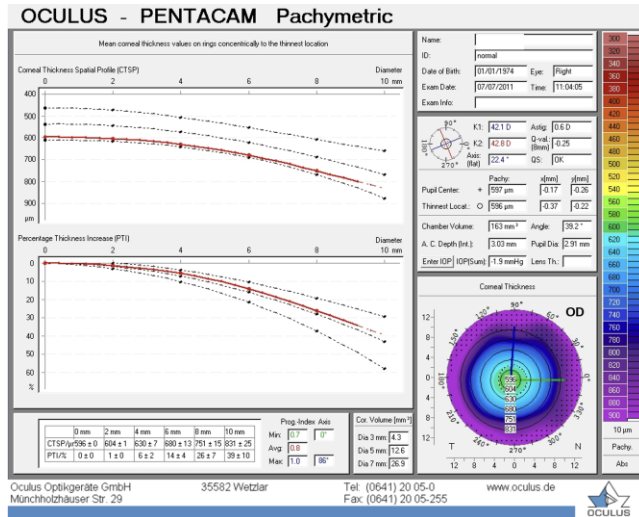
2.3.1. Kalınlık Profili

Kalınlık profili korneal kalınlığın en ince noktadan periferie doğru progresyonunu tanımlar. Ektatik korneal hastalıkların tanısında önemlidir. Pakimetri profilini gösteren 2 grafik (3).

• **Corneal thickness spatial profile (CTSP):** en ince noktadan başlayarak kornea periferine doğru kalınlığın ortalama artışını tanımlar.

• **Percentage thickness increase (PTI):** aynı artışın yüzdesini tanımlar.

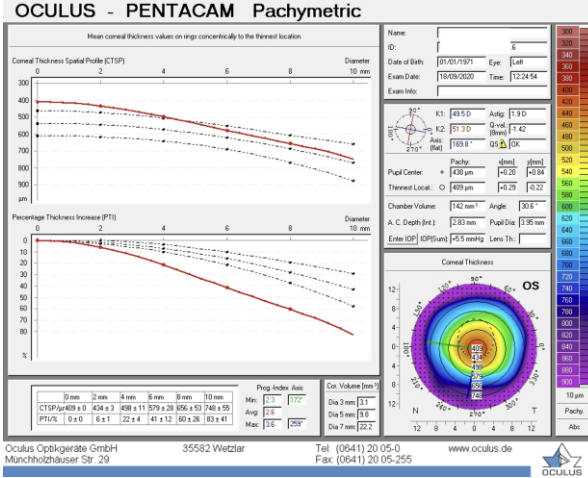
Normal profil; siyah kesikli eğrinin seyri izleyen, kırmızıyla gösterilen ve Avg<1,2 olan eğri bir çizgidir (Resim-6).



Resim-6. Kalınlık profil grafiği. Kırmızı çizgi kalınlık değişimini ifade ediyor.

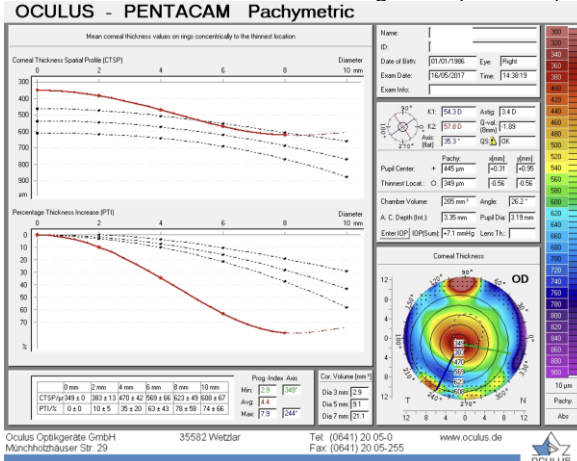
Anormal profiller:

1. Hızlı eğim: kırmızı eğri rotasını 6 mm'lik bölgeden önce terk eder. Forme fruste keratokonus ve ektatik bozukluklarla izlenir (Resim-7).



Resim-7. 6 mm öncesinde kırmızı eğri hızlı progresyon gösteriyor.

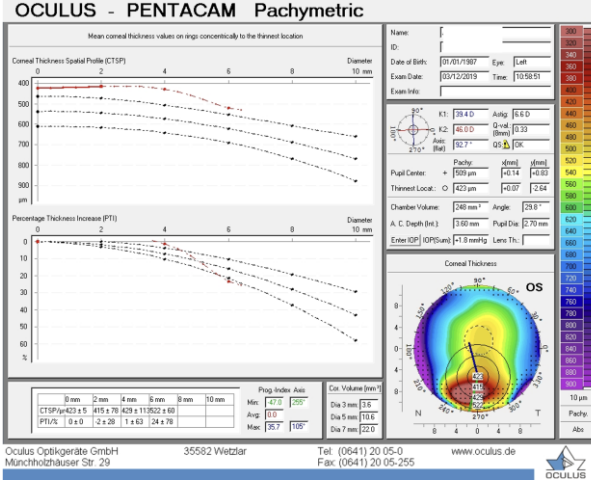
2. S şekli: kırmızı eğri "S" şeklindedir. Forme fruste keratokonus ve ektatik bozukluklarda görülür (Resim-8).



Resim-8. İleri evre keratokonuslu hastada kalınlık profili grafiği S şeklinde izleniyor.

3. Düz eğri: kırmızı eğri düz olarak devam eder. Fuchs distrofisi ve Guttata gibi ödematöz kornealarda izlenir.

4. Ters eğim: kırmızı eğri yukarı doğru seyir izler. Pellusid marjinal dejenerasyonda görülür (Resim-9).



Resim-9. Pellusid marjinal dejenerasyonda ters eğim profili

Korneal tomografi haritalarında aşağıdaki kriterlerin birden fazlasının bulunması ektazik hastalıkların varlığını düşündürür;

Aksiyel harita

- K2 > 48,0 D
- Kmax-K2 > 1,0 D
- SRAX > 22°C
- S-I > 2,5 D
- I-S > 1,5 D
- Topografik astigmatizma > 6,0 D

• Kurala aykırı astigmatizma

Pakimetri haritası

- Superior – Inferior > 30 µm
- En ince nokta < 470 µm

- Korneal apeks – en ince nokta kalınlığı $>10\ \mu\text{m}$
- Her iki göz arasındaki en ince noktanın kalınlık farkı $> 30\ \mu\text{m}$

Elevasyon haritası

- Anterior elevasyon $> 12\ \mu\text{m}$
- Posterior elevasyon $> 15\ \mu\text{m}$

KAYNAKLAR

1. Piñero DP, Nieto JC L-MA. Characterization of corneal structure in keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38(12):2167–83.
2. Buey Salas MA PM. *Biomecánica y Arquitectura Corneal.* Spain: ELSEVIER. 2014;1-415.
3. Sinjab MM. *Five Steps to Start Your Refractive Surgery A Case-Based Systematic Approach.* 1st ed. New Delhi, London, Jaypee 2014;1-368.
4. Piñero DP, Nieto JC L-MA. Characterization of corneal structure in keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38(12):2167–83.
5. Chan JS, Mandell RB, Burger DS FR. Accuracy of videokeratography for instantaneous radius in keratoconus. *Optom Vis Sci.* 1995;72(11):793–9.
6. Szczotka LB TJ. Comparison of axial and instantaneous videokeratographic data in keratoconus and utility in contact lens curvature prediction. *CLAO J.* 1998;24(1):22–8.
7. de Sanctis U, Loiacono C, Richiardi L, Turco D, Mutani B GF. Sensitivity and specificity of posterior corneal elevation measured by Pentacam in discriminating keratoconus/subclinical keratoconus. *Ophthalmology.* 2008;115(9):1534–9.
8. Maldonado MJ, Nieto JC PD. Advances in technologies for laser-assisted in situ keratomileusis (LASIK) surgery. *Expert Rev Med Devices.* 2008;5(2):209–29.

9. Ghemame M, Charpentier P, Mouriaux F. Corneal topography in clinical practice. *J français d'ophtalmologie* [Internet]. 2019;42(10):439–51. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2019.09.001>
10. Emre S, Doganay S YS. Evaluation of anterior segment parameters in keratoconic eyes measured with the Pentacam system. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33(10):1708–12.
11. Alió JL, Piñero DP, Alesón A, et al. Keratoconus-integrated characterization considering anterior corneal aberrations, internal astigmatism, and corneal biomechanics. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(3):552–68.

BÖLÜM 6

KORNEAL TOMOGRAFİ İNDEKSLERİ VE KERATOKONUSTA AYIRICI TANI

Dr. Seray Şahin

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Doç. Dr. Özlem Barut Selver

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Prof. Dr. Melis Palamar Onay

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

1. TOMOGRAFİ İNDEKSLERİ

Kornea topografisinin kullanım amacı, kornea morfolojisindeki düzensizlikleri nicel olarak ifade eden indekslerin üretilmesidir. Bu verilerden sağlıklı ve patolojik korneaları ayırt etmek için eşik değerlerin belirlenmesi üzerine çalışmalar mevcuttur. Literatürde tek değişkenli ve çok değişkenli sistemler olarak bilinen keratokonus tanısı için kullanılan çeşitli indeksler belirlenmiştir.

1.1. Tek Değişkenli Kantitatif Sistem

- ***Simulated keratometry (SIMK)***. En düz ve en kavisli meridyenlerin diyoptrik gücünü verir (çapı 3-9 mm olan halkalar arasında). K1 ve K2 olarak ifade edilir ve iki değer arasındaki fark korneal astigmatizmanın kantitatif değeridir.
- ***Surface asymmetry index (SAI)***. 128 eşit uzaklıkta meridyenden 180°'de konumlanmış noktalar arasındaki güç farklarının ortalama değerini gösteren bir indekstir.

- **Surface Regularity index (SRI).** 4,5 mm çapındaki merkezi bir alanda düzenliliği tanımlar. (Placido Diskinin merkezi on halkasını içerir). Görme keskinliği ile koreledir ($p = 0,80$, $P < 0,001$). Normal bir kornea, 0,56'nın altında SRI değerleri sunar (mükemmel düzenli bir korneada 0) (1,2).
- **Central Keratometry (K Central).** 2, 3 ve 4 mm çapındaki halkalar için ortalama kornea gücü değeridir. 47,2 D'nin altındaki değerler normal, 47,2- 48,7 D arasındaki değerler olası keratokonus olarak kabul edilir. 48,7 D'nin üzerindeki değerler klinik keratokonustur (1).
- **Predicted Corneal Acuity (PC Acuity).** 3 mm çapında kornea santralinde optik kaliteyi belirler (3).
- **Inferior-Superior Value (I-S).** Kornea apeksinden 3 mm uzaklıkta bulunan korneal inferior hemisferin beş noktası ile süperior hemisferin beş noktası arasındaki güç farkı olarak tanımlanır. Pozitif bir değer, daha yüksek inferior eğimi gösterirken, negatif bir değer daha yüksek süperior eğimi gösterir. 1,4 ile 1,8 D arasındaki I-S değerleri, şüpheli keratokonus için sınır değerler iken, 1,8 D'den yüksek I-S değerleri, klinik keratokonus için sınır değer olarak tanımlanır (4).
- **Average corneal power (ACP).** Santral korneal alanda çeşitli noktaların ortalama güç değerini gösterir (4).
- **Topographic irregularity (IT).** Gerçek topografi verileri ile referans yüzey arasındaki farkın ortalama karekök değeridir (3).
- **Skew of steepest radial axis (SRAX).** 20°'den büyük bir değer keratokonusun göstergesi olarak kabul edilir, ancak bazı astigmatik kornealarda değerlerin yüksek dağılımı nedeniyle, bu değer yalnızca korneal astigmatizma 1,5 D'den büyükse değerlidir (3).
- **Corneal uniformity index (CU).** 3 mm çapındaki merkezi alandaki distorsiyon homojenliğini ölçen bir indekstir. Yüzde olarak ifade edilir.

- **Irregular astigmatism index (IAI).** Korneanın ortalama gücü ve ölçülen noktaların sayısı ile hesaplanan her bir yarı meridyen boyunca diyoptrik değişimlerin ölçüsüdür (3,4).
- **Apex curvature (AK).** Kornea apeksindeki eğimin değerini veren indekstir. 48,0 D'nin altındaki değerler normal, 48,0-50,0 D arasındaki değerler şüpheli ve 50,0 D'nin üzerindeki değerler anormal derecede yüksek eğimi gösterir (3).
- **Asphericity coefficient (Q).** Korneal eğimin santralden periferde değişimini gösteren indekstir. Literatürde kullanılan en yaygın parametre Q'dur. Sağlıklı bir evrede korneanın kesiti bir prolate elipstir. Ortalama Q değeri $-0,20 \pm 0,12$ 'dir. Bu korneanın merkezde periferde göre daha kavisli olduğu şeklinde yorumlanır. Korneanın geometrisini tanımlayan asferisite değerleri, merkezi ve parasantral bölgelerin periferik bölgeye göre daha kavisli olduğunu ve bu farkın keratokonus hastalığında normal kornealara göre daha fazla olduğunu göstermiştir. Ayrıca keratokonus şiddeti arttıkça bu değerler daha yüksektir. Bununla birlikte, orta bölgede (4-5 mm) ölçülen asferisite nedeniyle, çıkıntı periferik bölgede bulunuyorsa, topograf normal veya hatta pozitif asferisite değerleri sağlayabilir. Bu nedenle, bu kantitatif indeks keratokonus tanısı için çok spesifik değildir ve protrüzyonun apekse göre pozisyonu ile ilgili olarak düşünülmelidir (5–7).
- **Effective refractive power (EffRP).** 3 mm çapındaki merkezi alandaki güç ortalaması.
- **Corneal Irregularity Measurement (CIM).** Kornea yüzey morfolojisindeki düzensizlik derecesini temsil eden bir indekstir. Kornea yüzeyi ile en uygun referans yüzeyi arasındaki standart sapmayı ölçer. Yüksek değerler, morfolojik anormallik olasılığının arttığını düşündürür. Sağlıklı bir kornea 0,03 ila 0,68 μm arasında CIM değerlerine sahiptir, 0,69 ile 1 μm arası bir değer şüpheli

veya normal sınır olarak kabul edilir ve 1,10 ile 5,00 μ m arası bir değer patolojik kabul edilir (1).

- **Mean toric keratometry (MTK)**. Bu indeks korneanın elevasyon haritası verilerinden elde edilir. Bir torik referans yüzey ile korneanın elevasyon değerlerini karşılaştırır ve analiz eder. MTK değeri yüksekse, kornea torik yüzeye benzer geometridedir ve bu klinik olarak ektatik değişikliklerin büyük bir olasılığı olarak yorumlanır. Ortalama değeri 44,5 D. (41,25 D ile 47,25 D arasındaki değerler popülasyonun % 96'sı) (8)

- **Centre Surround index (CSI)**. 3 mm çapındaki merkezi bölge ile 3 ve 6 mm çapındaki halkalar arasındaki ortalama güç farkını ölçen bir indekstir (3, 4).

1.2. Çok Değişkenli Kantitatif Sistem

Keratokonus teşhisi topografik indekslerin çok değişkenli kombinasyonlarını kullanan farklı kantitatif tespit sistemlerinin uygulanmasıyla kolaylaştırılmıştır.

- **KISA%**. Dört indeksten hesaplanır: Central K, SIMK, I-S ve SRAX. Keratokonusun tanımlanmasında çok etkili bir indekstir, ancak klinik tanıda ve yeni başlayan keratokonus vakalarında önemli sayıda yanlış negatifliğe sebep olabilir. Refraktif cerrahide bir tarama aracı olarak kullanılmaz. 60 ile 100 arasındaki bir değer şüpheli keratokonus, 100'den büyük bir değer ise keratokonus tanısıdır. KISA indeksi yüksek bir duyarlılığa ve özgüllüğe sahiptir (1, 9).

- **Belin/Ambrósio Enhanced Ectasia Display III (BAD III)**. Bu indeks şu 9 parametreyi birleştirir: en ince noktadaki anterior elevasyon, en ince noktadaki posterior elevasyon, anterior elevasyon değişimi, posterior elevasyon değişimi, en ince noktadaki korneal kalınlık, en ince nokta lokasyonu, pakimetrik progresyon, Ambrósio rölatif kalınlık ve Kmax. BAD III indeksi her parametre için bireysel bilgi sağlar ve daha sonra sağlıklı ve keratokonik kornealar arasında ayırım

yapılmasına izin veren dokuz indeksin regresyonu ile bir diskriminant analizi gerçekleştirir (10).

- **Keratoconus severity index (KSI)**. Sağlıklı bir kornea, şüpheli bir keratokonik kornea ve keratokonuslu bir kornea arasında ayırım yapan keratokonusun ciddiyetini hesaplar. %15'in altındaki KSI değeri normal, %15-30 arasındaki değerler şüpheli keratokonus ve bu değerler üzerindeki değerler subklinik keratokonus olarak kabul edilir (1, 3).

- **Keratoconus Index (KCI)**. Sağlıklı korneayı keratokonik korneadan ayırabilir ve ayrıca santral veya periferik bölgelerde gelişen keratokonusu ayırt edebilir.

- **Keratoconus prediction index (KPI)**. 8 topografik indeksin bir kombinasyonu ile hesaplanır ve doğrusal bir diskriminant fonksiyonu kullanır. Bu indeksler şunlardır: Sim K1, Sim K2, UPS, DSI, OSI, CSI, IAI ve AA (11).

- **Rabinowitz and McDonell Index**. I-S indeksi, santral K, iki göz arasındaki santral K farkının verdiği sayısal değerlerin kombinasyonuna dayanan ilk çok değişkenli indekslerden biridir. Santral kurvatür değerlerinden elde edilen bilgileri inferior-süperior asimetri değerleri ile birleştirerek hem santral hem de periferik bölgelerde ortaya çıkabilen keratokonusun tanısal parametreleridir (3).

2. PENTACAM'DE TOPOGRAFI İNDEKSLERİ

2.1. Belin-Ambrósio Enhanced Ectasia Display Total Deviation Value (BAD_D)

Anterior elevasyon, posterior elevasyon ve pakimetrik verileri entegre eden çok değişkenli bir indekstir. Kornea şekline tam bir genel bakış sağlar ve bu nedenle refraktif hastalar için hızlı ve etkili bir tarama aracıdır (12).

Belin/Ambrósio Geliştirilmiş Ektazi I 8mm'lik optik zonda sabitlenen **standart BFS'e** göre hesaplanan anterior ve posterior elevasyon verilerini verir. Ayrıca korneanın en ince

noktasını merkez alan 3,5-4 mm'lik optik zon çıkarılarak santral 8 mm'lik zondan BFS belirlenerek hesaplanan **geliştirilmiş referans yüzeye** göre anterior ve posterior elevasyon verilerini gösterir. Çıkarılan alan astigmatizma büyüklüğü ile belirlenir. Sonuç olarak standart BFS ile geliştirilmiş BFS arasındaki farkı hesaplayarak normal ve ektatik kornealar arasındaki farkı belirler (13).

Belin/Ambrósio Geliştirilmiş Ektazi II normal veritabanı ortalamasından standart sapmayı gösteren 5 parametreyi verir. Bu parametreler BFS ile geliştirilmiş BFS'te anterior elevasyondaki değişiklikler, posterior elevasyondaki değişiklikler, en ince kornea kalınlığı, en ince noktanın yer değiştirmesi ve pakimetrik progresyondan oluşur (12).

Belin/Ambrósio Geliştirilmiş Ektazi III regresyon analizine ek 4 parametre eklenmiştir. Kmax, korneal en ince noktada anterior ve posterior elevasyon, ART max (Ambrósio relational thickness maximum).

2.2. Pachymetric Progression İndex (PPI)

Korneanın tamamında kornea kalınlığındaki değişikliği hesaplar. En ince noktadan itibaren her meridyendeki progresyon değeri progresyon indeksi olarak tanımlanır ve tüm meridyenlerin ortalaması PPI-Avg ile gösterilir. PPI-Max, maksimum pakimetrik artışa sahip meridyendir. PPI-Min, minimum pakimetrik artışa sahip meridyendir. Hızlı bir pakimetrik progresyon, ektatik korneayı normal korneadan ayırır (12).

2.3. Ambrósio Relational Thickness (ART)

En ince nokta ile PPI arasındaki orandır. ART max, ART min ve ART ort parametrelerini verir. Keratokonus tanısı için sınır değer ART-Max için 412 μ m'dir. Keratokonik gözleri normal gözlerden ayıran doğrulanmış bir tanı indeksidir. Ancak formefruste keratokonusu belirlemek için tutarlı bir değer yoktur (14).

2.4. Index of Surface Variance (ISV)

Sagittal yarıçapların ortalama eğrilikten standart sapmasını ifade eder. Kornea yüzey düzensizliğinin bir göstergesidir. Kornea yüzey irregüleritesine sebep olan tüm durumlarda (skar, astigmatizma, kontakt lens deformitesi) yükselir. ISV, keratokonusu normal gözlerden ayırmada oldukça hassas bir indekstir. ISV >37 anormal ve ISV >41 patolojiktir (15).

2.5. Index of Vertical Asymmetry (IVA, mm)

Süperior ve inferior kornea eğriliği arasındaki ortalama fark, horizontal meridyene göre eğrilik simetrisi seviyesidir. IVA >0,28 anormaldir ve >0,32 patolojiktir. (15) Keratokonusu normal gözlerden ayırt etmede oldukça duyarlıdır ve prekeratokonik kornealar için oldukça spesifiktir. Keratokonusu tahmin etmede doğruluk açısından BAD-D'den sonra ikinci olarak kabul edilmiştir (14).

2.6. Keratoconus Index (KI)

Korneanın üst yarısı ile alt yarısındaki ortalama yarıçap değerleri arasındaki orandır. KI >1,07 anormal ve/veya patolojiktir. KI, normal gözleri klinik keratokonustan ayırt etmek için etkili bir tanı testidir, bu nedenle tarama için güvenilir bir parametredir ancak prekeratokonus tanısında sınırlı uygulaması vardır (14, 16).

2.7. Central Keratoconus Index (CKI)

Bir periferik Placido halkasındaki ortalama eğrilik yarıçapı ile merkezi halkanın ortalama eğrilik yarıçapı arasındaki orandır. Santral keratokonusun şiddeti ile artar. CKI >1,03 anormal ve/veya patolojik olarak kabul edilir (15).

2.8. Index of Height Asymmetry (IHA, μ m)

Süperior ve inferior hemisferde kornea elevasyonu arasındaki ortalama farktır. IHA >19 anormaldir ve IHA >21 patolojiktir (17). IHA kornea elevasyonunu temel alır ve bu nedenle keratokonus tespiti için mükemmel tanısal doğruluk

ve hassasiyete sahip bir parametredir. Erken keratokonus tanısında kullanımı sınırlı bulunmuştur (14).

2.9. Index of Height Decentration (IHD, μm)

Elevasyon verilerinin vertikal desantralizasyonunu ölçer. $\text{IHD} > 0,014$ anormaldir ve $\text{IHD} > 0,016$ patolojiktir. Prekeratokonus vakalarını ayırt etme potansiyeline sahiptir (14, 17).

2.10. Rmin

Sagittal /aksiyel korneal kurvatürün en küçük yarıçapıdır. Koninin maksimum dikliğini ifade eder. $R_{\text{min}} < 6,71$ mm anormal ve/veya patolojiktir. (15)

Keratokonuslu hasta takibinde progresyonu saptamak için fikir birliğine varılan tek bir algoritma mevcut değildir. Ancak birçok yayında, progresyon takibinde aşağıdaki parametrelerden yararlanıldığı gösterilmiştir (18, 19)

Keratokonus Progresyon Kriterleri

- $K_{\text{max}} \geq 1,0$ D artış
- $K_{\text{max}} - K_{\text{min}} \geq 1,0$ D artış
- $K_{\text{m}} \geq 0,75$ D artış
- Santral korneal kalınlıkta $\geq \%2$ azalma
- Korneal apeks diyoptrik gücü $> 1,0$ D artış
- Manifest refraktif sferik eş değer $> 0,5$ D artış (18, 19)

Global Consensus on Keratoconus and Ectatic Diseases” 2015 yılında yayınlanmıştır ve keratokonus tanı ve takibinde dikkat edilmesi gereken noktalar belirtilmiştir (20).

- Keratokonus tanısı için aşağıdaki bulgular mutlaka bulunmalıdır

Anormal posterior elevasyon

Anormal korneal kalınlık dağılımı

Non-inflamatuvar klinik korneal incelme

- Keratokonus ve Pellucid Marjinal Dejenerasyon (PMD) aynı hastalığın farklı klinik karakterizasyonlarıdır

- Keratokonus, pellucid marjinal dejenerasyon ve keratoglobus “incelme lokalizasyonu ve paterni” ile ayırt edilebilir
- Keratokonus ve PMD ayrımı en iyi şekilde aşağıdaki incelemelerle yapılır

Tomografik korneal kalınlık haritası

Yarıklı lamba muayenesi

Anterior eğim haritası

Anterior elevasyon haritası

- Aşağıdakiler “incelme bozuklukları”nın aksine “ektatik hastalıklar” olarak sınıflandırılır

Keratokonus

PMD

Keratoglobus

Refraktif cerrahi sonrası progresif korneal ektazi

- Keratoglobus ve keratokonus farklı klinik antitelerdir
- Tek taraflı keratokonus bulunmaz
- Keratokonusun erken tanısında en yaygın ve güncel test tomografidir (Scheimpflug veya optik koherans tomografi)
- Keratokonus için günümüzde yeterli klinik sınıflama sistemi bulunmamaktadır
- Posterior korneal elevasyon anormallikleri erken veya subklinik keratokonus tanısı için öncü bulgulardır
- Sekonder indüklenmiş ektaziler mekanik basamakların sonucu olarak ortaya çıkabilir ve ek taraflı olabilir
- Santral korneal kalınlık keratokonus tanısı için en az güvenilir bulgudur
- Keratokonus patofizyolojisine katkıda bulunan etkenler;

Genetik

Biyokimyasal

Biyomekanik

Çevresel faktörler

- Plasiido tabanlı topografi analizleri santral anterior korneal yüzeyi değerlendirirken tomografi ise (Scheimpflug veya optik koherans tomografi) anterior ve posterior korneal yüzeyi ayrıca tüm korneal kalınlık haritasını analiz eder

- Keratokonus normal santral korneal kalınlıkta da görülebilir
- Ektazi progresyonu aşağıdakilerin en az iki tanesinin varlığı ile tanımlanır

Anterior korneal yüzeyde progresif dikleşme

Posterior korneal yüzeyde progresif dikleşme

Progresif incelme ve/veya korneal kalınlığının en ince noktadan periferik ilerledikçe değişim oranının artması

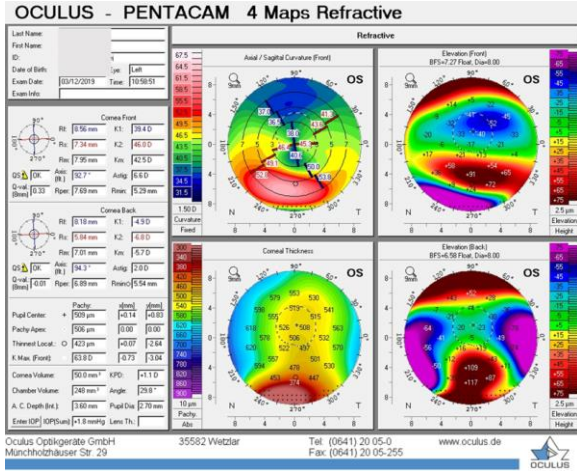
- Değişiklikler zaman içinde normal dağılım göstermelidir. Progresyona sıklıkla en iyi düzeltilmiş görme keskinliğinde azalma eşlik etse de düzeltilmiş ve düzeltilmemiş görme keskinliğinde azalma progresyonu belgelemek için gerekli değildir
- Keratokonus risk faktörleri: Down sendromu, etkilenen hastaların yakınları (özellikle genç olması), oküler alerji, etnik faktörler, mekanik faktörler, göz kaşıma, gevşek kapak sendromu, atopi, bağ doku hastalıkları (Marfan sendromu), Ehlers-Danlos sendromu, Leber konjenital amarozis

3. KERATOKONUS AYIRICI TANISI

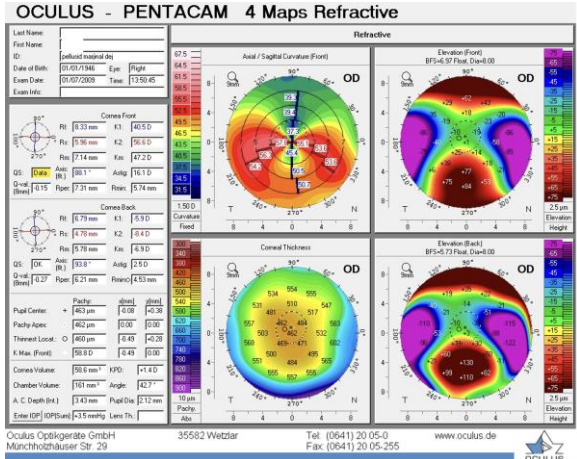
Keratokonusu diğer ektatik hastalıklar ve korneal incelme bozuklukları olan Pellucid Marjinal Dejenerasyon (PMD), Terrien Marjinal Dejenerasyonu, keratoglobustan ayırt etmek önemlidir. Bu hastalıkların yönetim şekilleri ve prognozları keratokonusla farklılık gösterir. Detaylı bir yarıklı lamba muayenesi ve topografi ile ayırıcı tanı yapmak mümkündür. (21)

Pellucid marjinal dejenerasyon nadir görülen, genellikle non herediter, bilateral ektazidir. Non inflamatuvar periferik korneal incelme ile karakterizedir. PMD ve keratokonus aynı ailelerde hatta aynı gözde bile ortaya çıkabilir. İncelen kornea alanı ile limbus arasında genellikle 1-2 mm korunmuş alan bulunur. Keratokonusu tipik olarak merkeze yakın maksimum incelme noktasında protrüzyon görülür. Buna karşılık PMD periferik korneal incelme ile karşımıza gelir ve maksimum incelme alanının merkezinde protrüzyon

görülür (Resim-1 ve Resim-2). Santral kornea kalınlığı genellikle normaldir (21, 22).



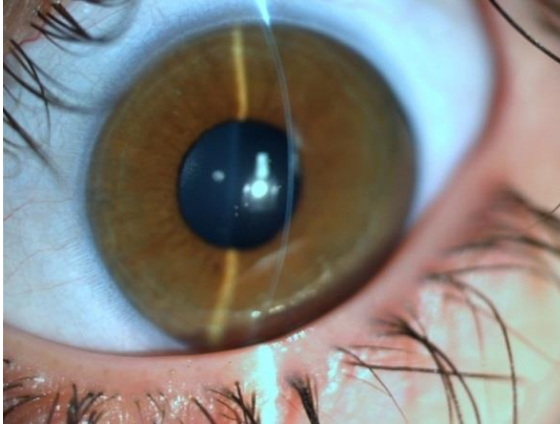
Resim-1. Pellusid marjinal dejenerasyonda periferik korneal incelme ve protrüzyon



Resim-2. Pellusid Marjinal Dejenerasyonda tipik “kissing bird” görünümü

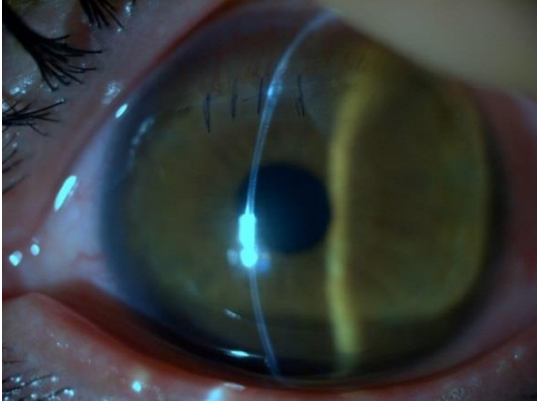
Pellucid marjinal dejenerasyonda incelen kornea alanı her zaman saydam, avasküler, epitelize yapıdadır, lipid birikimi görülmez. Terrien marjinal dejenerasyonunda ise vaskülarizasyon ve lipid depozitleri görülür. Benzer yaş grubunu etkiler ve yüksek astigmatizmaya sebep olur. Korneanın hem süperior hem de inferiorunu etkileyebilir (21).

Keratoglobus nadir, non inflamatuvar, bilateral bir hastalıktır. Keratokonus ve PMD'in aksine tipik olarak doğumdan itibaren görülür. Herediter değildir. Konik görüntü yerine keratoglobusta küresel değişiklik izlenir. Derin ön kamara ve küresel şekilde kornea izlenir. PMD ve keratokonustaki santral parasantral incelmenin aksine tüm kornea limbusta kadar incelir (Resim-3). Kornea normal kalınlığının %20'si kadar ince olabilir ve küresel bir şekil alır. İlerlemiş keratokonusta ayırt etmek zorlaşabilir. Descement membranında spontan rüptür ile akut hidrops gelişebilir. Ancak Vogt striaları, anterior skar görülmez. Fleischer halkaları genelde yoktur. Descement membranında belirgin foldlar yaygındır (21, 22).



Resim-3. Keratoglobus, tüm korneada belirgin incelme ve küresel kornea

Keratoglobus genellikle progresyon göstermez. Kornea genellikle normal çaptadır ve bu şekilde megalokornea ile konjenital glokomdan ayırt edilebilir. Mavi sklera ve diğer sistemik hastalıklarla (Ehlers Danlos sendromu) birlikteliği sık izlenir. Keratoglobuslu kornealar keratokonustan farklı olarak minimal travmalar ile rüptüre olma eğilimindedir (21, 22) (Resim-4).



Resim-4. Keratoglobusta spontan rüptür sonrası sütürasyon

KAYNAKLAR

1. Maeda N, Klyce SD, Smolek MK TH. Automated keratoconus screening with corneal topography analysis. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1994;35(6):2749–57.
2. Wilson SE, Lin DT KS. Corneal topography of keratoconus. Cornea. 1991;10(1):2–8.
3. Piñero DP, Alió JL, Aleson A, Escaf Vergara M MM. Corneal volume, pachymetry, and correlation of anterior and posterior corneal shape in subclinical and different stages of clinical keratoconus. J Cataract Refract Surg. 2010;36(5):814–25.
4. Maeda N, Klyce SD, Smolek MK TH. Automated keratoconus screening with corneal topography analysis. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1994;35(6):2749–57.

5. Holladay JT. Corneal topography using the Holladay Diagnostic Summary. *J Cataract Refract Surg.* 1997;23(2):209–21.
6. Piñero DP, Alió JL, Aleson A, Escaf Vergara M MM. Corneal volume, pachymetry, and correlation of anterior and posterior corneal shape in subclinical and different stages of clinical keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36(5):814–25.
7. Amsler M. The “forme fruste” of keratoconus. *Wien Klin Wochenschr.* 1961;73:842–3.
8. Toprak I, Yaylali V YC. A combination of topographic and pachymetric parameters in keratoconus diagnosis. *Cont Lens Anterior Eye.* 2015;38(5):357–62.
9. Rabinowitz YS RK. KISA% index: a quantitative videokeratography algorithm embodying minimal topographic criteria for diagnosing keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 1999;25:1327–35.
10. Belin MW AR. Scheimpflug imaging for keratoconus and ectatic disease. *Indian J Ophthalmol.* 2013;61(8):401–6.
11. Sánchez EDC, Martínez JN, Cañavate FJF. Corneal topography in keratoconus : state of the art. *Eye Vis [Internet].* 2016;1–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s40662-016-0036-8>
12. Doctor K, Vunnava KP, Shroff R, et al. Simplifying and understanding various topographic indices for keratoconus using Scheimpflug based topographers. *Indian J Ophthalmol [Internet].* 2020 Dec 1 [cited 2021 Nov 13];68(12):2732–43. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33229649/>
13. OCULUS Pentacam Interpretation Manual. Wetzlar, Germany: Oculus. [Internet] Available from: <https://www.manualslib.com/manual/1897844/Oculus-Pentacam.html>
14. Motlagh MN, Moshirfar M, Murri MS, et al. Pentacam® corneal tomography for screening of refractive surgery candidates: A review of the literature, Part I. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol.* 2019;8:177-203.
15. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Revisiting keratoconus diagnosis and progression classification based on evaluation of corneal asymmetry indices, derived from Scheimpflug imaging

- in keratoconic and suspect cases. *Clin Ophthalmol*. 2013;7:1539-48.
16. Ambrósio R, Faria-Correia F, Ramos I, et al. Enhanced screening for ectasia susceptibility among refractive candidates: The role of corneal tomography and biomechanics. *Curr Ophthalmol Rep*. 2013;1:28–38.
 17. Twa M. Irregular astigmatism: Diagnosis and treatment. *Optom Vis Sci*. 2009;86:1209.
 18. Gore DM, Shortt AJ AB. New clinical pathways for keratoconus. *Eye (Lond)*. 2013;27(3):329–39.
 19. Vinciguerra P, Piscopo R, Camesasca F, Vinciguerra R. Progression in Keratoconus. *Int J Keratoconus Ectatic Corneal Dis*. 2016;5(1):21–31.
 20. Gomes JAP, Tan D, Rapuano CJ, et al. Global Consensus on Keratoconus and Ectatic Diseases. *Cornea*. 2015;34(4):359–69.
 21. Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol*. 1998 Jan 1;42(4):297–319.
 22. Weisenthal RW, Daly MK, Freitas D de, Feder RS. American Academy of Ophthalmology 2019–2020 Basic and Clinical Science Course- External Disease and Cornea. San Francisco USA, American Academy of Ophthalmology; 2019; 1-453.

BÖLÜM 7

KERATOKONUS VE YAPAY ZEKA

Prof. Ali Rıza Cenk Çelebi

Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Keratokonusun teşhisi ve yönetimi, büyük ölçüde, özel eğitim ve uzmanlık gerektiren karmaşık bir süreç olan kornea topografisinin yorumlanmasına dayanır. Yapay zeka (YZ), kornea topografi analizinin doğruluğunu ve verimliliğini artırmanın yanı sıra keratokonus için tanı ve tedavi planlamasını geliştirme potansiyeline sahiptir (1).

Çeşitli çalışmalar, keratokonus tanı ve tedavisinde YZ'nin faydasını göstermiştir (1). Bir yaklaşım, kornea topografi verilerini analiz etmek ve keratokonusun özelliği olan kalıpları belirlemek için makine öğrenimi algoritmalarının kullanılmasını içerir (2). Bu algoritmalar daha sonra, klinisyenlerin keratokonus riski taşıyan hastaları belirlemesine ve zaman içinde hastalığın ilerlemesini izlemesine yardımcı olabilecek öngörü modelleri geliştirmek için kullanılabilir.

Başka bir yaklaşım, keratokonus hastalarının cerrahi planlamasına yardımcı olmak için yapay zekanın kullanılmasını içerir. Örneğin, korneal çapraz bağlama veya intrastromal halka implantasyonu ve hatta hangi çeşit kornea nakli tekniğinin daha faydalı olabileceği (3) gibi farklı cerrahi müdahalelerin etkilerini simüle etmek için YZ algoritmaları kullanılabilir ve klinisyenlerin her bir hasta için en uygun tedavi planını belirlemesine yardımcı olur.

Genel olarak, keratokonusta YZ kullanımı, bu zorlu duruma sahip hastalar için tanı ve tedavi sonuçlarını önemli ölçüde iyileştirme potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, YZ tabanlı

yaklaşımların doğruluğunu ve güvenilirliğini doğrulamak ve bunların klinik uygulamaya entegre edilebilecekleri en uygun yolları belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (4).

Keratokonusta YZ'nin ana avantajlarından biri, büyük miktarda veriyi hızlı ve doğru bir şekilde analiz etme yeteneğidir. Örneğin, yapay zeka algoritmaları binlerce kornea topografi görüntüsünü birkaç dakika içinde analiz edebilirken, bir insan klinisyenin aynı miktarda veriyi incelemesi çok daha uzun sürer. Bu hız ve verimlilik, klinisyenlerin daha doğru ve zamanında teşhis koymasına yardımcı olabilir ve bu da hastalar için daha iyi tedavi sonuçlarına yol açabilir (1, 4).

Ek olarak YZ, kornea topografisi analizinin öznelliğini ve değişkenliğini azaltmaya yardımcı olabilir. Deneyimli klinisyenler bile kornea topografi görüntülerini yorumlama konusunda farklılıklar gösterebilir ve bu da tutarsız tanı ve tedavi planlarına yol açabilir. Öte yandan YZ algoritmaları, teşhis sürecini standartlaştırmaya ve doğruluğunu artırmaya yardımcı olabilecek keratokonusta ile ilişkili belirli kalıpları ve özellikleri tanımlamak için eğitilebilir (1, 4).

Yapay zekanın keratokonusta bir diğer potansiyel faydası, bireysel hastalar için tedavi planlarını kişiselleştirme yeteneğidir. YZ algoritmaları, kornea topografisi, görme keskinliği ve tıbbi geçmiş dahil olmak üzere büyük miktarda hasta verilerini analiz ederek klinisyenlerin her hasta için etkili tedavi seçeneklerini belirlemesine yardımcı olabilir. Bu kişiselleştirilmiş yaklaşım, daha iyi tedavi sonuçlarına ve daha az komplikasyona yol açabilir (5).

Bu avantajlara rağmen, keratokonusta YZ kullanımının bazı zorlukları ve sınırlamaları da vardır. Örneğin, YZ algoritmalarının doğru ve güvenilir olması için yüksek kaliteli kornea topografi görüntülerinden oluşan büyük veri kümeleri üzerinde eğitilmesi gerekir. Buna ek olarak, yapay zekanın onu geliştirmek için bir araç yerine insan uzmanlığının yerini

alması riski vardır. Bu nedenle, klinisyenlerin YZ'yı etkili bir şekilde nasıl kullanacakları konusunda eğitilmeleri ve sorumlu ve etik bir şekilde klinik karar verme süreçlerine dahil edilmeleri önemlidir (1, 4).

Başlıklar altında toplamak gerekirse keratokonus tanı ve tedavisinde YZ kullanmak;

1. Geliştirilmiş doğruluk: YZ algoritmaları, büyük miktarlarda kornea topografisi verilerini hızlı ve doğru bir şekilde analiz ederek daha tutarlı ve doğru keratokonus teşhisine yol açar.

2. Kişiselleştirilmiş tedavi planları: YZ algoritmaları, kornea topografisi, görme keskinliği ve tıbbi geçmiş dahil olmak üzere hasta verilerini analiz ederek, klinisyenlerin her hasta için özel ihtiyaçlarına ve özelliklerine göre uyarlanmış kişiselleştirilmiş tedavi planları geliştirmelerine yardımcı olabilir.

3. Daha hızlı teşhis: Yapay zeka algoritmaları, kornea topografi verilerini hızlı bir şekilde analiz ederek keratokonuslu hastalar için daha hızlı teşhis ve tedavi başlangıcı sağlar.

4. Gelişmiş hastalık ilerlemesi izleme: YZ algoritmaları, zaman içinde hastalığın ilerlemesini izlemeye yardımcı olabilir ve klinisyenlerin ne zaman ve nasıl müdahale edecekleri konusunda daha bilinçli kararlar vermelerini sağlar.

5. İyileştirilmiş cerrahi planlama: YZ algoritmaları, farklı cerrahi müdahalelerin etkilerini simüle edebilir ve sonuçlarını tahmin ederek klinisyenlerin her hasta için en uygun tedavi planını seçmesine ve tedavi sonuçlarını iyileştirmesine yardımcı olabilir.

6. Azaltılmış öznellik: YZ algoritmaları, kornea topografisi analizini standartlaştırmaya yardımcı olabilir ve klinisyenler arasındaki yorumlamada özne farklılıklar potansiyelini azaltabilir.

Özetle, keratokonus teşhis ve tedavisinde YZ kullanımı, daha doğru ve verimli teşhis ve tedavi planlaması sağlayarak hasta sonuçlarını iyileştirme ve sağlık bakım maliyetlerini azaltma potansiyeline sahiptir. YZ tabanlı modeller, keratokonus ilerlemesi olasılığını tahmin etmede umut vaat ediyor. Bununla birlikte, bu modellerin doğruluğunu ve güvenilirliğini doğrulamak ve hasta sonuçlarını iyileştirmek için klinik uygulamaya nasıl entegre edilebileceklerini belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu da unutmamak gerekiyor.

KAYNAKLAR

1. Zhang Z, Wang Y, Zhang H, et al. Artificial intelligence-assisted diagnosis of ocular surface diseases. *Front Cell Dev Biol.* 2023;11:1133680.
2. Accardo PA, Pensiero S. Neural network-based system for early keratoconus detection from corneal topography. *J Biomed Inf.* 2002;35(3):151–59.
3. Hayashi T, Masumoto H, Tabuchi H, et al. A deep learning approach for successful big-bubble formation prediction in deep anterior lamellar keratoplasty. *Sci Rep.* 2021;11(1):18559.
4. Kang L, Ballouz D, Woodward MA. Artificial intelligence and corneal diseases. *Curr Opin Ophthalmol.* 2022;33(5):407-17.
5. Ahn H, Kim NE, Chung JL, et al. Patient selection for corneal topographic evaluation of keratoconus: A screening approach using artificial intelligence. *Front Med (Lausanne).* 2022;9:934865.

EGE TIP AYIN KİTAPLARINDAN YAYIMLANMIŞ ÖRNEKLER

<u>S.NO</u>	<u>YIL</u>	<u>KİTABIN ADI</u>
109.	2010	İdiyopatik Hiperhidrozis ve Tedavisi Editör: Prof. Dr. Ufuk ÇAĞIRICI
110.	2011	Grip (İnfluenza) Editör: Doç. Dr. Candan ÇİÇEK
111.	2011	Her Şeye Rağmen Etik Editör: Doç. Dr. Çağatay ÜSTÜN
112.	2011	İnsan Gelişiminin Erken Dönemi ve Plasental Bozukluklar Editör: Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ
113.	2011	Geriatride 5D'ler Editör: Prof. Dr. Sibel ÜLKER GÖKSEL Doç. Dr. Fulden SARAÇ
114.	2011	Geriatride Sık Rastlanan Tıbbi Sorunlar Editör: Prof. Dr. Sibel ÜLKER GÖKSEL Yrd. Doç. Dr. Mehmet Akif YALÇIN
115.	2012	Menopoz Editör: Prof. Dr. Kemal ÖZTEKİN
116.	2012	Göğüs Ağrılı Hastaya Yaklaşım Editör: Prof. Dr. Mehdi ZOGHİ
117.	2012	Lokal Anestezikler Editör: Doç. Dr. Semra KARAMAN Prof. Dr. Aytül ÖNAL
118.	2013	Cumhuriyetten Önce ve Sonra Ülkemizde Hastaneler, Çocuk Hastaneleri ve Tıp Eğitimi Editör: Prof. Dr. Baha TANELİ Doç. Dr. Hatice ŞAHİN
119.	2013	Kan Yolu İle Bulaşan İnfeksiyöz Etkenler Editör: Prof. Dr. Rüçhan YAZAN SERTÖZ
120.	2013	Diş Hekimliğinde Anestezi ve Analjezi Editör: Prof. Dr. Taner BALCIOĞLU Prof. Dr. Bahar SEZER
121.	2013	Başarı Yolunda Rüzgarını Kendin Yarat Editör: Doç. Dr. Tezan BİLDİK
122.	2013	Ötanazi Editör: Doç. Dr. Çağatay ÜSTÜN
123.	2014	Konjenital Kalp Cerrahisi ve Anestezi Editör: Doç. Dr. Seden KOCABAŞ

124. 2014 **Sağlıkta Şiddet Sorunu**
Editör: Doç. Dr. Çağatay ÜSTÜN
125. 2014 **Mantarların Kanser Destek Tedavisinde Kullanımı**
Editör: Prof. Dr. Handan AK
126. 2015 **Kanser Metabolizması**
Editör: Prof. Dr. Hikmet Hakan AYDIN
127. 2015 **Tıp-Etik-Hukuk Boyutuyla Kürtaj**
Editör: Doç. Dr. Çağatay ÜSTÜN
128. 2016 **Hemşirelikte Etik Karar Verme**
Editör: Doç. Dr. Çağatay ÜSTÜN
129. 2016 **Tıp-Etik-Hukuk Boyutuyla Hospiz**
Editör: Doç. Dr. Çağatay ÜSTÜN
130. 2017 **Mersin/Yaban Mersini Bitkisi Türleri ve Özellikleri**
Editör: Prof. Dr. Eser YILDIRIM SÖZMEN
131. 2018 **Tıp-Etik-Hukuk Açısından Cinsel Suçlarda Tıbbi Kastrasyon**
Editör: Prof. Dr. Çağatay ÜSTÜN
132. 2018 **Açık Kalp Cerrahisinde Anestezi ve Yoğun Bakım**
Editör: Prof. Dr. Seden KOCABAŞ
133. 2018 **Geriatrik Sendromlarda Yeni Ufuklar**
Editör: Uzm. Dr. Sumru SAVAŞ
134. 2018 **Sağlık Hukuku Kavramının Temel Boyutları**
Editör: Prof. Dr. Çağatay ÜSTÜN
135. 2018 **Nöral Tüp Gelişimi ve Nöral Tüp Defektleri**
Editör: Prof. Dr. Ayşegül UYSAL
136. 2019 **Venöz Tromboemboli ve Anestezi**
Editör: Prof. Dr. Semra KARAMAN
137. 2019 **Luteinin Sağlık Üzerine Etkileri**
Editör: Prof. Dr. Bülent KARABULUT
138. 2020 **Tıp ve Hemşirelik Tarihi Açısından Florence Nightingale'in Önemi**
Editör: Prof. Dr. Çağatay ÜSTÜN
139. 2020 **Siroz ve Komplikasyon Yönetimi**
Editör: Uzm. Dr. Ferit ÇELİK
140. 2020 **Gestasyonel Diyabete Multidisipliner Yaklaşım**
Editör: Uzm. Dr. Aslı KILAVUZ

141. 2021 **Perioperatif Kan Transfüzyonu**
Editör: Doç. Dr. İlkben GÜNÜŞEN
142. 2021 **Mikrobiyota İçimizdeki Evren**
Editör: Prof. Dr. Özlem YILMAZ
143. 2021 **Glioblastomda Moleküler Mekanizmalar,
Tanı ve Güncel Tedavi Yaklaşımları**
Editör: Doç. Dr. Erkin Özgiray
144. 2021 **COVID-19 Pandemisinin Tıp, Etik ve Sosyal
Alanlardaki Etkilerine Bakış**
Editör: Prof. Dr. Çağatay ÜSTÜN
145. 2021 **Spontan Pnömotoraks ve Tedavisi**
Editör: Prof. Dr. Ufuk ÇAĞIRICI
146. 2021 **Oküler Yüzey ve Dermatolojik Hastalıklar**
Editör: Doç. Dr. Melis Palamar ONAY
147. 2022 **Orbita Tümörleri**
Editör: Doç. Dr. Melis PALAMAR ONAY
148. 2022 **Robot Yardımlı Cerrahide Anestezi**
Editör: Prof. Dr. Işık ALPER
149. 2023 **Tiroid İlişkili Orbitopatide Tanı, Tedavi ve
Yönetim**
Editör: Prof. Dr. Melis PALAMAR ONAY
150. 2023 **Psikoonkoloji ve Kansere Bütüncül Yaklaşım**
Editör: Doç. Dr. Fatma SERT

Ayın Kitaplarını;

https://basimveyayinevi.ege.edu.tr/tr-15096/tip_fakultesi_ayin_kitaplari.html

linkinden ulaşabilirsiniz.

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayın Bürosu

Tel : (0232) 390 31 03 e-mail: egedergisi35@gmail.com

KERATOKONUSTA TANI

Keratokonus çeşitli semptom ve bulgularla ortaya çıkabilen bir hastalıktır. Erken dönemde tanınıp etkin tedavi uygulanması gelişebilecek oküler morbiditelerin önlenmesini sağlamaktadır.

Keratokonus patogeneğinde rol oynayan çeşitli faktörler nedeniyle hastaların bütüncül değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Bu kitapta, keratokonus tanısında, incelenip değerlendirilmesi gereken tanı yöntemleri ve keratokonusun klinik bulgularını vurgulamak amaçlanmıştır.

Keratokonusun erken dönemde tanınması ve keratokonus şüphesi varlığında hastaların yakın takibi hastalığın en iyi şekilde yönetilmesinde büyük rol oynamaktadır. Bu kitapta, keratokonusta karşımıza çıkabilecek semptom ve bulgular ile keratokonus tanısı koymada dikkat edilmesi gereken noktaları açıklamak hedeflenmiştir.



Basimevi
Medicine

E-ISBN-978-605-338-435-9



9 786053 384359

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Ayın Kitapları Serisi